

Volkswirtschaftliche Potentialanalyse vollautomatisierter und elektrischer
Carsharing-Systeme am Beispiel Deutschlands

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bayreuth

Vorgelegt
von
Philipp Henzgen
aus
Berlin

Dekan:
Erstberichterstatte:
Zweitberichterstatte:
Tag der mündlichen Prüfung:

Professor Martin Leschke
Professor Martin Leschke
Professor Gilbert Fridgen
24.07.2018

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Anhangsverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	XI
Symbolverzeichnis	XIII
1. Einleitung	1
2. CASE – 4 Megatrends in der Automobilbranche	6
2.1 Connected Car	6
2.1.1 Technologie-Impuls Connected Car.....	6
2.1.2 Problemfeld Connected Car	12
2.2 Autonomous Car	16
2.2.1 Technologie-Impuls Autonomous Car	16
2.2.2 Problemfeld Autonomous Car.....	20
2.3 Shared Mobility.....	25
2.3.1 Technologie-Impuls Shared Mobility	25
2.3.2 Problemfeld Shared Mobility	31
2.4 Electric Car.....	36
2.4.1 Technologie-Impuls Electric Car	37
2.4.2 Problemfeld Electric Car	42
2.5 Exkurs: Urbanisierung.....	49
2.5.1 Megatrend Urbanisierung.....	49
2.5.2 Problemfeld Urbanisierung	50
3. Forschungsfrage und Forschungsansatz im Kontext von CASE.....	55
3.1 Entwicklung der Forschungsfrage mit Hilfe des disruptiven Ansatzes	55
3.1.1 Inkrementeller Ansatz versus disruptiver Ansatz.....	55
3.1.2 Der disruptive Ansatz und die Dreiteilung des Verkehrs.....	56
3.2 Der disruptive Ansatz und die Dreiteilung des Verkehrs als Problemlösung	60
3.2.1 Problemfeld Connected Car und Lösungsansatz.....	61
3.2.2 Problemfeld Autonomous Car und Lösungsansatz	61
3.2.3 Problemfeld Shared Mobility und Lösungsansatz	62

3.2.4 Problemfeld Electric Car und Lösungsansatz	64
3.2.5 Problemfeld Urbanisierung und Lösungsansatz.....	69
3.3 Forschungsfrage und Forschungslücke	71
3.3.1 Allgemeine Forschungsfrage und Forschungslücke	71
3.3.2 Generierung von Forschungshypothesen	73
3.4 Design Science Research als Forschungsansatz.....	76
3.4.1 Design Science Research	76
3.4.2 Design Science Research im Kontext von CASE	80
3.5 Empirische Grundlage für die Evaluierung.....	83
3.5.1 Der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz	83
3.5.2 Ergänzende Datenquellen als empirische Aufstockung	88
3.6 Entwicklung der Artefakte	93
3.6.1 CASE-Modell und -Simulation: Grundlegende Annahmen.....	94
3.6.2 CASE-Modell und -Simulation: Anwendungsbeispiel	97
4. Quantitative Vergleichsanalyse: Mobilität in Deutschland 2008 versus CASE-Simulation	102
4.1 Mobilität in Deutschland 2008	102
4.1.1 Missing Values	102
4.1.2 Bevölkerungsverteilung	105
4.1.3 Fahrzeugbestand.....	108
4.1.4 Fahrzeugsegmentierung	111
4.1.5 Fahrzeugbesetzungsgrad	113
4.1.6 Fahrzeugkostenstruktur	115
4.1.7 Total Cost of Ownership	118
4.2 CASE-Simulation.....	121
4.2.1 Das CASE-Kriterium	121
4.2.2 Bevölkerungsverteilung	124
4.2.3 Fahrtensegmentierung	127
4.2.4 Fahrtengruppierungen und Fahrzeugbewegungen	128
4.2.5 Fahrtenlänge, Fahrtendauer und Durchschnittsgeschwindigkeit	131
4.2.6 Urbane Jahresfahrleistung	133
4.2.7 Flottengröße	135
4.2.8 Fahrzeuggrößen	143

5. Hypothesenauswertung und Handlungsempfehlungen im Kontext der CASE-

Simulation	145
5.1 Hypothese 1: CASE-Flotten bewirken einen geringeren Fahrzeugbestand	145
5.1.1 Hypothesenauswertung	145
5.1.2 Hypothesendiskussion	147
5.2 Hypothese 2: CASE-Flotten können ohne Straßenparkplätze operieren	152
5.2.1 Hypothesenauswertung	152
5.2.2 Hypothesendiskussion	156
5.3 Hypothese 3: CASE-Flotten erhöhen den Fahrzeugbesetzungsgrad	158
5.3.1 Hypothesenauswertung	158
5.3.2 Hypothesendiskussion	159
5.4 Hypothese 4: CASE-Flotten führen zu geringeren Total Cost of Ownership	161
5.4.1 Hypothesenauswertung	161
5.4.2 Hypothesendiskussion	165
5.5 Hypothese 5: CASE-Flotten verdrängen das Angebot des ÖPNVs	167
5.5.1 Hypothesenauswertung	167
5.5.2 Hypothesendiskussion	170
5.6 Hypothese 6: CASE-Flotten bewirken einen Pkw-Produktionsrückgang	172
5.6.1 Hypothesenauswertung	172
5.6.2 Hypothesendiskussion	178
5.7 Hypothese 7: CASE-Flotten bewirken einen Arbeitsplatzrückgang	181
5.7.1 Hypothesenauswertung	181
5.7.2 Hypothesendiskussion	182
5.8 Hypothese 8: CASE-Flotten führen zu mehr Elektrofahrzeugen	184
5.8.1 Hypothesenauswertung	184
5.8.2 Hypothesendiskussion	185
5.9 Handlungsempfehlungen aus Sicht der Institutionenökonomik	187
5.9.1 Handlungsempfehlungen auf Bundesebene	189
5.9.2 Handlungsempfehlungen auf Länder- und Kommunalebene	190
5.10 Handlungsempfehlungen für die Mobilitätsbranche	191
5.10.1 Handlungsempfehlungen für Automobilhersteller	191
5.10.2 Handlungsempfehlungen für Parkraumeigentümer	193
5.10.3 Handlungsempfehlungen für Betreiber des ÖPNVs	193
5.10.4 Handlungsempfehlungen für die Deutsche Bahn	195

6. Fazit und Ausblick	197
Literaturverzeichnis.....	200
Elektronische Quellen	203
Datensätze	211
Anhang	212

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: HOCH DEFINIERTE KARTE EINER AUTOBAHN IN MICHIGAN DES KARTENDIENSTLEISTERS HERE...	8
ABBILDUNG 2: VISUALISIERTE KOMMUNIKATIONSKANÄLE DER CAR-TO-X-KOMMUNIKATION.....	11
ABBILDUNG 3: HMI-AUSSTATTUNG UND DISPLAYTECHNOLOGIE DES MERCEDES-BENZ CONCEPT IAAs	13
ABBILDUNG 4: AUTOMATISIERUNGSGRAD DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS	18
ABBILDUNG 5: KOMMUNIKATION DES MERCEDES-BENZ F 015 LUXURY IN MOTION MIT EINEM FUßGÄNGER	20
ABBILDUNG 6: EINFÜHRUNG AUTOMATISierter FAHR- UND PARKFUNKTIONEN	24
ABBILDUNG 7: CAR2GO GESCHÄFTSGEBIET HAMBURG	28
ABBILDUNG 8: ZAHL DER FAHRBERECHTIGTEN UND FAHRZEUGE IM DEUTSCHEN CARSHARING-MARKT	29
ABBILDUNG 9: MANGELNDE VERFÜGBARKEIT VON CARSHARING-FAHRZEUGEN (CAR2GO).....	32
ABBILDUNG 10: RELOKATIONSLOGIK BEI CAR2GO	34
ABBILDUNG 11: KABELGEBUNDENER LADEPROZESS BEIM ELEKTROFAHRZEUG	40
ABBILDUNG 12: INDUKTIVER LADEVORGANG BEIM MERCEDES-BENZ S 500 PLUG-IN-HYBRID.....	41
ABBILDUNG 13: KOSTENVERGLEICH VON ELEKTROFAHRZEUGEN UND KONVENTIONELLEN MODELLEN	43
ABBILDUNG 14: ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHE LADEPUNKTE FÜR ELEKTROAUTOS IN DEUTSCHLAND	46
ABBILDUNG 15: CASE-PROBLEMFELDER IM KONTEXT DER URBANISIERUNG	54
ABBILDUNG 16: DREITEILUNG DES VERKEHRS IN CITY-VERKEHR, INTERCITY-VERKEHR UND RURAL-VERKEHR	57
ABBILDUNG 17: AUTONOMER SHUTTLE BUS OLLI AUF DEM BERLINER EUREF-CAMPUS	58
ABBILDUNG 18: PRESENTWICKLUNG DER LITHIUM-IONEN-BATTERIEN ZWISCHEN 2007 UND 2014.....	65
ABBILDUNG 19: INTEGRATION EINES ELEKTROFAHRZEUGES IN EIN SMART GRID	68
ABBILDUNG 20: CASE-PROBLEMFELDER UND -LÖSUNGSANSÄTZE IM KONTEXT DER URBANISIERUNG.....	70
ABBILDUNG 21: INFORMATION SYSTEMS RESEARCH FRAMEWORK.....	78
ABBILDUNG 22: DESIGN SCIENCE RESEARCH FRAMEWORK	79
ABBILDUNG 23: ALLGEMEINER AUFBAU DES FORSCHUNGSVORHABENS	82
ABBILDUNG 24: KENNZAHLEN DER MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND 2008 ERHEBUNG	84
ABBILDUNG 25: PKW-SEGMENTE NACH KRAFTFAHRT-BUNDESAMT AUS DEM JAHR 2008.....	86
ABBILDUNG 26: EINWOHNERGRENZEN DER STADT- UND GEMEINDEtypEN NACH BBSR	87
ABBILDUNG 27: TOP DREI DER NEUZUGELASSENEN PKW-MODELLE IN DEUTSCHLAND 2008	89
ABBILDUNG 28: PREISE FÜR KRAFTSTOFFE UND ENERGIE IN DEUTSCHLAND 2008	91
ABBILDUNG 29: REPRÄSENTATIVE ELEKTRO- UND HYBRIDFAHRZEUGE NACH FAHRZEUGSEGMENT	92
ABBILDUNG 30: PKW-NEBENKOSTENÜBERSICHT FÜR DEUTSCHLAND IN 2008.....	93
ABBILDUNG 31: BEISPIELHAFTER TAGESVERLAUF INNERHALB DES CASE-MODELLS	97
ABBILDUNG 32: MISSING VALUES IM MID-2008-DATENSATZ	104
ABBILDUNG 33: EINWOHNER DEUTSCHLANDS IN 2008 NACH STADT- UND GEMEINDEtyp	106
ABBILDUNG 34: EINWOHNER DEUTSCHLANDS IN 2008 NACH STADT- UND GEMEINDEtyp PROZENTUAL	106
ABBILDUNG 35: MID-2008-BEFragungSUMFANG NACH STADT- UND GEMEINDEtyp	107
ABBILDUNG 36: MID-2008-BEFragungSUMFANG NACH STADT- UND GEMEINDEtyp PROZENTUAL	108
ABBILDUNG 37: AUTOTEILUNGS- UND AUTOBESITZFAKTOR IN DEUTSCHLAND 2008	109

ABBILDUNG 38: FAHRZEUGBESTAND DER MiD-2008-BEFragTEN	110
ABBILDUNG 39: FAHRZEUGBESTAND DER MiD-2008-BEFragTEN PROZENTUAL.....	110
ABBILDUNG 40: FAHRZEUGBESTAND DER EINWOHNER DEUTSCHLANDS IN 2008	111
ABBILDUNG 41: FAHRZEUGBESTAND DER MiD-BEFragTEN NACH FAHRZEUGSEGMENT PROZENTUAL.....	112
ABBILDUNG 42: FAHRZEUGBESETZUNGSGRAD DER MiD-FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGSEGMENT	114
ABBILDUNG 43: GRUNDPREIS DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGSEGMENTE NACH MOTORENART.....	116
ABBILDUNG 44: KRAFTSTOFFVERBRAUCH DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGSEGMENTE NACH MOTORENART	117
ABBILDUNG 45: TCO DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGE MIT OTTOMOTOR NACH FAHRZEUGSEGMENT.....	119
ABBILDUNG 46: TCO DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGE MIT DIESELMOTOR NACH FAHRZEUGSEGMENT	120
ABBILDUNG 47: DAS CASE-KRITERIUM BEZOGEN AUF STADT- UND GEMEINDETYP	121
ABBILDUNG 48: DAS CASE-KRITERIUM BEZOGEN AUF VERKEHRSMITTEL, STICHTAG UND WEGETYP	123
ABBILDUNG 49: MiD-2008-STICHPROBE NACH WEG, CASE-KRITERIUM UND STÄDTETYP	125
ABBILDUNG 50: MiD-2008-STICHPROBE NACH WEG, CASE-KRITERIUM UND STÄDTETYP PROZENTUAL.....	126
ABBILDUNG 51: EINWOHNER DEUTSCHLANDS IN 2008 NACH WEG, CASE-KRITERIUM UND STÄDTETYP	127
ABBILDUNG 52: PROZENTUALE VERTEILUNG DER FAHRTEN NACH FAHRZEUGSEGMENT (CASE-MODELL)	128
ABBILDUNG 53: FAHRZUGBEWEGUNGEN NACH PERSONENGRUPPEN PROZENTUAL (CASE-MODELL)	130
ABBILDUNG 54: FAHRTENLÄNGE NACH STÄDTETYP (CASE-MODELL).....	132
ABBILDUNG 55: FAHRTENDAUER NACH STÄDTETYP (CASE-MODELL)	132
ABBILDUNG 56: DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT (CASE-MODELL)	133
ABBILDUNG 57: URBANE JAHRESFAHRLISTUNG JE FAHRZEUG (CASE-SIMULATION)	134
ABBILDUNG 58: GROßE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: EINE PERSON (CASE-MODELL)	136
ABBILDUNG 59: GROßE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 2 PERSONEN (CASE-MODELL).....	138
ABBILDUNG 60: GROßE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 3 PERSONEN (CASE-MODELL).....	139
ABBILDUNG 61: GROßE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 4 PERSONEN (CASE-MODELL).....	140
ABBILDUNG 62: GROßE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 5 PERSONEN (CASE-MODELL).....	141
ABBILDUNG 63: GROßE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 6-10 PERSONEN (CASE-MODELL)	142
ABBILDUNG 64: FAHRZUGBEDARF NACH FASSUNGSVERMÖGEN (CASE-MODELL)	143
ABBILDUNG 65: FAHRZUGBEDARF NACH FASSUNGSVERMÖGEN PROZENTUAL (CASE-MODELL).....	144
ABBILDUNG 66: FAHRZUGBESTAND NACH FASSUNGSVERMÖGEN (CASE-SIMULATION)	146
ABBILDUNG 67: FAHRZUGBESTAND IN 2008 VERSUS FAHRZUGBESTAND IN DER CASE-SIMULATION	146
ABBILDUNG 68: PROZENTUALER ANTEIL DER CASE-FLOTTE AM ALTBESTAND (CASE-SIMULATION)	147
ABBILDUNG 69: VERTEILUNG DER OFF-STREET-PARKPLÄTZE IN EUROPA 2012	155
ABBILDUNG 70: PROZENTUALE VERTEILUNG DER OFF-STREET-PARKPLÄTZE IN EUROPA 2012	155
ABBILDUNG 71: GESCHÄTZTE VERTEILUNG DER OFF-STREET-PARKPLÄTZE IN DEUTSCHLAND 2008	156
ABBILDUNG 72: BESETZUNGSGRAD NACH FASSUNGSVERMÖGEN (CASE-MODELL).....	158
ABBILDUNG 73: JAHRESFAHRLISTUNG JE FAHRZEUG NACH FASSUNGSVERMÖGEN (CASE-SIMULATION)	162
ABBILDUNG 74: TCO IM EFFIZIENZ-SZENARIO NACH FAHRZUGSEGMENT (CASE-SIMULATION)	163
ABBILDUNG 75: TCO IM NORMAL-SZENARIO NACH FAHRZUGSEGMENT (CASE-SIMULATION)	163
ABBILDUNG 76: TCO IM LUXUS-SZENARIO NACH FAHRZUGSEGMENT (CASE-SIMULATION)	164
ABBILDUNG 77: LÄNGE UND DAUER DER ÖPNV-FAHRTEN VON ABONNEMENT-BESITZERN (MiD 2008)	168

ABBILDUNG 78: ABONNEMENTPREISE IN 2016 FÜR DEN ÖPNV IN DEUTSCHLAND	169
ABBILDUNG 79: PREIS DES ÖPNV-ABONNEMENTS VERSUS CASE-FLOTTEN-KOSTEN (CASE-SIMULATION)	170
ABBILDUNG 80: FAHRZEUGHALTEDAUER UND GESAMTFahrLEISTUNG IN DEUTSCHLAND IN 2008.....	173
ABBILDUNG 81: FAHRZEUGHALTEDAUER NACH FASSUNGSVERMÖGEN (CASE-SIMULATION)	174
ABBILDUNG 82: DEUTSCHLANDS INLÄNDISCHE PKW-PRODUKTION IN 2008	175
ABBILDUNG 83: PKW-PRODUKTIONSVOLUMEN UND -JAHRESPRODUKTIONSRATE IN DEUTSCHLAND 2008.....	176
ABBILDUNG 84: PKW-PRODUKTIONSVOLUMEN UND -JAHRESPRODUKTIONSRATE (CASE-SIMULATION)	177
ABBILDUNG 85: PKW-PRODUKTIONSVOLUMEN UND -JAHRESPRODUKTIONSRATE VERSUS CASE-SIMULATION .	178
ABBILDUNG 86: PRODUKTIONS- UND ARBEITSPLATZENTWICKLUNG (CASE-SIMULATION).....	181
ABBILDUNG 87: ELEKTROFAHRZEUGE IN DEUTSCHLAND 2008 VERSUS CASE-SIMULATION	184

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: BEISPIELHAFTER TAGESVERLAUF INNERHALB DES CASE-MODELLS (EINE PERSON).....	99
TABELLE 2: BEISPIELHAFTER TAGESVERLAUF INNERHALB DES CASE-MODELLS (2 PERSONEN).....	100
TABELLE 3: BBSR DIFFERENZIERTER STADT- UND GEMEINDETYP (7ER) 2006	105
TABELLE 4: TOTAL COST OF OWNERSHIP-KALKULATIONSGRUNDLAGE.....	118
TABELLE 5: FAHRTEN UND FAHRZEUGBEWEGUNGEN NACH PERSONENGRUPPEN (CASE-MODELL)	129
TABELLE 6: ON- UND OFF-STREET-PARKPLÄTZE IN DEUTSCHLAND	153

Anhangsverzeichnis

ANHANG 1: TOP DREI DER PKW-NEUZULASSUNGEN IN DEUTSCHLAND 2008 NACH FAHRZEUGSEGMENT	212
ANHANG 2: KENNZAHLEN DER TOP DREI DER PKW-NEUZULASSUNGEN IN DEUTSCHLAND 2008	213
ANHANG 3: STROMKOSTEN DER REPRÄSENTATIVEN ELEKTRO- UND HYBRIDFAHRZEUGE	214
ANHANG 4: VERTEILUNG DER EINWOHNER DEUTSCHLANDS NACH STADT- UND GEMEINDETYP	214
ANHANG 5: VERTEILUNG DES MiD-2008-BEFragungSUMFANGES NACH STADT- UND GEMEINDETYP.....	214
ANHANG 6: FAHRZEUGBESTAND DER MiD-BEFragTEN UND EINWOHNER DEUTSCHLANDS IN 2008.....	215
ANHANG 7: FAHRZEUGBESTAND DER MiD-BEFragTEN NACH FAHRZEUGSEGMENT.....	215
ANHANG 8: FAHRZEUGBESETZUNGSGRAD DER MiD-FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGSEGMENT.....	216
ANHANG 9: KENNZAHLEN DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGSEGMENTE MIT OTTOMOTOR	216
ANHANG 10: KENNZAHLEN DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGSEGMENTE MIT DIESELMOTOR	217
ANHANG 11: TCO DER REPRÄSENTATIVEN FAHRZEUGE MIT OTTO- UND DIESELMOTOR	217
ANHANG 12: MiD-2008-STICHPROBE NACH WEG, CASE-KRITERIUM UND STÄDTETYP	218
ANHANG 13: MiD-2008-STICHPROBE NACH WEG, CASE-KRITERIUM UND STÄDTETYP PROZENTUAL.....	218
ANHANG 14: EINWOHNER DEUTSCHLANDS IN 2008 NACH WEG, CASE-KRITERIUM UND STÄDTETYP	218
ANHANG 15: PROZENTUALE VERTEILUNG DER FAHRTEN NACH FAHRZEUGSEGMENT (CASE-MODELL)	219
ANHANG 16: FAHRZEUGBEWEGUNGEN NACH PERSONENGRUPPEN PROZENTUAL (CASE-MODELL)	219
ANHANG 17: FAHRZEUGBEWEGUNGEN JE BEFragTEN MIT CASE-KRITERIUM (CASE-MODELL).....	219
ANHANG 18: FAHRTENLÄNGE (CASE-MODELL).....	220
ANHANG 19: FAHRTENDAUER (CASE-MODELL).....	220
ANHANG 20: DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT (CASE-MODELL)	220
ANHANG 21: JÄHRLICH VERURSACHTE STRECKEN DURCH FAHRZEUGBEWEGUNGEN (CASE-SIMULATION).....	220
ANHANG 22: KLEINERE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: EINE PERSON (CASE-MODELL)....	221
ANHANG 23: KLEINERE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 2 PERSONEN (CASE-MODELL)	221
ANHANG 24: KLEINERE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 3 PERSONEN (CASE-MODELL)	222
ANHANG 25: KLEINERE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 4 PERSONEN (CASE-MODELL)	222
ANHANG 26: KLEINERE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 5 PERSONEN (CASE-MODELL)	223
ANHANG 27: KLEINERE KERN- UND GROßSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 6-10 PERSONEN (CASE-MODELL) 223	
ANHANG 28: GRÖßERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: EINE PERSON (CASE-MODELL)	224
ANHANG 29: GRÖßERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 2 PERSONEN (CASE-MODELL).....	224
ANHANG 30: GRÖßERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 3 PERSONEN (CASE-MODELL).....	225
ANHANG 31: GRÖßERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 4 PERSONEN (CASE-MODELL).....	225
ANHANG 32: GRÖßERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 5 PERSONEN (CASE-MODELL).....	226
ANHANG 33: GRÖßERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 6-10 PERSONEN (CASE-MODELL).....	226
ANHANG 34: KLEINERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: EINE PERSON (CASE-MODELL)	227
ANHANG 35: KLEINERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 2 PERSONEN (CASE-MODELL).....	227
ANHANG 36: KLEINERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 3 PERSONEN (CASE-MODELL).....	228
ANHANG 37: KLEINERE MITTELSTÄDTE VERKEHRSaufKOMMEN: 4 PERSONEN (CASE-MODELL).....	228

ANHANG 38: KLEINERE MITTELSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 5 PERSONEN (CASE-MODELL).....	229
ANHANG 39: KLEINERE MITTELSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 6-10 PERSONEN (CASE-MODELL)	229
ANHANG 40: KLEINSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: EINE PERSON (CASE-MODELL)	230
ANHANG 41: KLEINSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 2 PERSONEN (CASE-MODELL).....	230
ANHANG 42: KLEINSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 3 PERSONEN (CASE-MODELL).....	231
ANHANG 43: KLEINSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 4 PERSONEN (CASE-MODELL).....	231
ANHANG 44: KLEINSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 5 PERSONEN (CASE-MODELL).....	232
ANHANG 45: KLEINSTÄDTE VERKEHRS-AUFKOMMEN: 6-10 PERSONEN (CASE-MODELL).....	232
ANHANG 46: BESETZUNGS-GRAD NACH FASSUNGS-VERMÖGEN (CASE-MODELL).....	233
ANHANG 47: FAHRZEUG-BEDARFE NACH FASSUNGS-VERMÖGEN (CASE-MODELL)	233
ANHANG 48: FAHRZEUG-BEDARFS-FAKTOR JE MID-BEFRAGTEN NACH FASSUNGS-VERMÖGEN (CASE-MODELL)	233
ANHANG 49: FAHRZEUG-BESTAND NACH FASSUNGS-VERMÖGEN (CASE-SIMULATION)	234
ANHANG 50: PROZENTUALER ANTEIL DER CASE-FLOTTE AM ALTBESTAND (CASE-SIMULATION)	234
ANHANG 51: TCO IM EFFIZIENZ-SZENARIO NACH FAHRZEUG-SEGMENT (CASE-SIMULATION)	234
ANHANG 52: TCO IM NORMAL-SZENARIO NACH FAHRZEUG-SEGMENT (CASE-SIMULATION)	235
ANHANG 53: TCO IM LUXUS-SZENARIO NACH FAHRZEUG-SEGMENT (CASE-SIMULATION)	235
ANHANG 54: LÄNGE UND DAUER DER ÖPNV-FAHRTEN VON ABONNEMENT-BESITZERN (MID 2008)	235
ANHANG 55: ABONNEMENTPREISE IN 2016 FÜR DEN ÖPNV IN DEUTSCHLAND	236
ANHANG 56: PKW-PRODUKTIONS-VOLUMEN UND -JAHRESPRODUKTIONS-RATE IN DEUTSCHLAND 2008.....	236
ANHANG 57: PKW-PRODUKTIONS-VOLUMEN (CASE-SIMULATION).....	237
ANHANG 58: PKW-JAHRESPRODUKTIONS-RATE (CASE-SIMULATION).....	237

Abkürzungsverzeichnis

3D	Dreidimensional
ACC	Adaptive Cruise Control
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AG	Aktien Gesellschaft
B2P	Business-to-Peer
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMW	Bayerische Motoren Werke
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
C2C	Car-to-Car-Kommunikation
C2I	Car-to-Infrastructure-Kommunikation
C2X	Car-to-X-Kommunikation
CASE	Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility, Electric Car
CATI	Computer Assisted Telephone Interview
CAWI	Computer Assisted Web Interview
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DAT	Deutsche Treuhand Automobil GmbH
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
E-Mail	Electronic Mail
EPA	European Parking Association
EU	Europäische Union
FDP	Freie Demokratische Partei
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPS	General Positioning System
h	Hour (Stunde)
HMI	Human-Machine Interaction

IAA	Internationale Automobil-Ausstellung
IEA	International Energy Agency
IS	Information Systems
ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
IT	Information Technology
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
LIDAR	Light Detection and Ranging System
Lkw	Lastkraftwagen
MiD	Mobilität in Deutschland
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OEM	Original Equipment Manufacturer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P2P	Peer-to-Peer
PAPI	Paper And Pencil Interview
Pkw	Personenkraftwagen
P&R	Park-and-Ride
PV	Photovoltaik
RFID	Radio-Frequency Identification
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
SVT	Stolen Vehicle Tracking
TCO	Total Cost of Ownership
USA	Unites States of America
V2P	Vehicle-to-Pedestrian-Kommunikation
VDA	Verband der Automobilindustrie
WHO	World Health Organization
WLAN	Wireless Local Area Network
WWF	World Wide Fund For Nature

Symbolverzeichnis

$<, >$	kleiner, größer als
\leq, \geq	kleiner, größer gleich
\emptyset	durchschnittlich
Δ	Differenz
N	Größe der Grundgesamtheit
n	Stichprobenumfang

1. Einleitung

Vor mehr als 100 Jahren meldete Carl Friedrich Benz seinen Motorwagen Nummer 1 zum Patent an.¹ Dieser gilt als erstes praxistaugliches Automobil mit Verbrennungsmotor.

Das Straßenbild Deutschlands war zu damaliger Zeit geprägt durch Pferdekutschen. Benz' revolutionäre Erfindung führte anfangs dazu, dass neben den Pferdekutschen im Straßenverkehr vereinzelt auch Automobile mit Verbrennungsmotor Personen beförderten. Seither hat das Automobil bis zum heutigen Tag stetig an Beliebtheit gewonnen und das anfängliche Bild im Straßenverkehr hat sich umgekehrt. Automobile mit Verbrennungsmotor bestimmen nun den Straßenverkehr in Deutschland und die Pferdekutsche ist nur noch selten anzutreffen.

Aus dem von Carl Friedrich Benz gegründeten Maschinenbau- und Automobilunternehmen Benz & Cie. entstand durch Fusion mit der Daimler-Motoren-Gesellschaft die Daimler-Benz AG. Sie ist heutzutage unter dem Namen Daimler AG bekannt.

Über 100 Jahre nach Erfindung des Automobils erfindet die Daimler AG sich mit der Gründung des Bereiches CASE neu.² CASE steht für vier Megatrends, denen mit dem neu gegründeten Bereich begegnet werden soll: Mit der Vernetzung des Automobils (Conected Car), der Automatisierung des Fahrprozesses (Autonomous Car), der geteilten Nutzung von Fahrzeugen (Shared Mobility) und mit der Elektrifizierung des Antriebsstranges (Electric Car).

Allein die Megatrends Autonomous Car und Connected Car lassen auf viele Verbesserungen im Vergleich zur heutigen Mobilitätsform hoffen. Hierzu zählt zum Beispiel ein vereinfachter Parkprozess: Selbstfahrende und vernetzte Fahrzeuge fahren eigenständig zum Abholpunkt und suchen sich nach dem Absetzen des Fahrzeuginsassen auch selbstständig einen Parkplatz. Die Fahrtzeit kann ähnlich wie bei einer Bahnfahrt für private Tätigkeiten oder produktiv genutzt werden da der Lenkprozess entfällt. Auch ist mit einem Rückgang der Verkehrsunfälle zu rechnen, die häufig durch menschliches Versagen bedingt sind.

Der Megatrend Electric Car wird vor allem politisch vorangetrieben, um dem globalen Ausstoß von CO₂-Emissionen entgegenzuwirken. Die Art und Weise, wie man heutzutage Fahrzeuge nutzt, ist hochgradig ineffizient. Da Fahrzeuge in aller Regel 23 von 24 Stunden

¹ Vgl. Mercedes-Benz (2017a).

² Vgl. Daimler (2017a).

am Tag stehen, wären sie eher als „Stehzeuge“ zu bezeichnen. Shared Mobility-Konzepte als Megatrend bieten vor allem für preissensible Konsumenten neue Vorteile. Eine hohe Auslastung geteilter Fahrzeuge wirkt sich vorteilhaft auf die Fixkosten des Einzelnen aus und führt zu einem geringeren Preis für Mobilität.

Die Frage, ob die vier CASE-Megatrends auf gesellschaftliche Akzeptanz treffen werden, lässt sich mit Blick auf die Entwicklung von Smartphones in industrialisierten Ländern beleuchten. Obwohl Smartphones von vielen Bürgern hinsichtlich des Datenschutzes kritisch gesehen werden, überwiegen die Vorteile so stark, dass sie sich flächendeckend in Deutschland durchgesetzt haben. Auch die vollautomatisierten und elektrischen Carsharing-Systeme bauen auf Bewegungsprofile, welche den Bürger transparenter machen – die entstehenden Vorteile überwiegen jedoch so sehr, dass mit gesellschaftlicher Ablehnung kaum zu rechnen ist.

Bei der Implementierung der CASE-Megatrends existieren zwei Ansätze. Beim ersten Ansatz (inkrementeller Ansatz) ist die Umsetzung der CASE-Megatrends erst möglich, wenn der Megatrend Autonomous Car gänzlich ausgereift und in allen erdenklichen Situationen einsetzbar ist.³ Der Verband der Automobilindustrie geht davon aus, dass dieser Zustand frühestens im Jahr 2030 erreicht sein wird.⁴ Mit dem zweiten Ansatz (hier als disruptiver Ansatz beschrieben) lassen sich die vier CASE-Megatrends bereits heute realisieren. Denn der Einsatz von vollautomatisierten und elektrischen Carsharing-Systemen beziehungsweise von CASE-Flotten auf abgegrenzten Gebieten beseitigt alle Hürden des autonomen Fahrens.

Einzelnen betrachtet stellen die vier CASE-Megatrends nicht nur Technologie-Impulse, sondern auch Problemfelder dar (Kapitel zwei), deren Lösung noch Jahre in Anspruch nehmen wird. Durch die Kombination der Technologie-Impulse jedoch steht bereits heute eine Lösung zur Verfügung (Abschnitt 3.2).

Um die potentiellen Auswirkungen von CASE-Flotten auf die Volkswirtschaft Deutschlands zu evaluieren, wurde als Forschungsansatz der Design Science Research-Ansatz von Hevner et al. gewählt. Dieser Forschungsansatz dient dazu neben der Frage nach dem „Was ist“ auch die Frage nach dem „Was könnte sein“ zu beantworten. Hierbei ist die Entwicklung von vier verschiedenen Artefakten vorgesehen beziehungsweise möglich: Constructs (Vokabular), Models (Modelle, die Teilbereiche der Realität in vereinfachter Form für eine konkrete

³ Vgl. Inventivio (2014).

⁴ Vgl. VDA (2015).

Problemstellung abbilden), Methods (Methoden, die zur Problemlösung führen) und Instantiations (Praxisanwendungen in Form von Prototypen).

In diesem Zusammenhang wurde ein Mobilitätsmodell entwickelt – das CASE-Modell.⁵ Innerhalb des CASE-Modells werden private Pkws in Städten abstrahiert und durch das Angebot von vollautomatisierten elektrischen Carsharing-Fahrzeugen ersetzt. Die Modellierung bezieht sich immer auf einen Tag (24 Stunden), da das urbane Verkehrsaufkommen in aller Regel im Tagesverlauf Hochpunkte aufweist und zur Mitternachtszeit gegen Null konvergiert.

Das CASE-Modell gibt darüber Aufschluss, welche Mindestgröße CASE-Flotten aufweisen müssten, um die Verkehrsnachfrage in einer gegebenen Stadt zu bedienen. Hierbei sind die Start- und Endzeitpunkte der einzelnen Pkw-Fahrten in Städten entscheidend, da Fahrzeuge nach dem Endzeitpunkt einer Fahrt theoretisch dem nächsten Nutzer für eine Fahrt zur Verfügung stehen. Somit wird ein simples Verleihsystem modelliert, bei dem Fahrzeuge aus Sicht des Flottenmanagers entweder verfügbar (vor und nach jeder Fahrt) oder nicht verfügbar sind (zwischen den Start- und Endzeitpunkten einer jeden Fahrt). Auf den Tagesverlauf gerechnet ergibt sich aus der maximalen Diskrepanz zwischen ausgeliehenen und zurückgegebenen Fahrzeugen innerhalb des CASE-Modells damit ein Mindestbedarf an Fahrzeugen, um operationsfähig zu sein. Mit dem CASE-Modell lässt sich auch die Mobilität eines ganzen Jahres simulieren (CASE-Simulation). Hierbei wird der modellierte Tagesverlauf in der Jahresbetrachtung hinreichend oft repliziert.

Für eine empirische Vergleichsanalyse (Kapitel vier und fünf) wurde das CASE-Modell beziehungsweise die CASE-Simulation auf den Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz (MiD-2008-Datensatz) angewendet.⁶ Die MiD-2008-Erhebung ist eine bundesweite Befragung zum alltäglichen Verkehrsverhalten der deutschen Einwohner im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Befragt wurden 60.713 Personen aus 25.922 Haushalten. Die 34.601 Fahrzeuge der Befragten wurden in zwölf Fahrzeugsegmente nach Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) unterteilt: Minis, Kleinwagen, Kompaktklasse, Mittelklasse, obere Mittelklasse, Oberklasse, Geländewagen, Sportwagen, Mini-Vans, Großraum-Vans, Utilities und Wohnmobile.⁷ Diese Datengrundlage bietet benötigte Kennzahlen zur Mobilität der Deutschen aus dem Jahr 2008: Start- und

⁵ Vgl. Hevner et al. (2004, 75-105).

⁶ Vgl. Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

⁷ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008d) und Kraftfahrt-Bundesamt (2016).

Endzeitpunkte von Fahrten, Fahrtenlängen, Fahrtengruppierungen, Jahresfahrleistungen und genutzte Fahrzeugtypen.

Die Unterteilung der Befragten nach Städtetypen (große Kern- und Großstädte, kleinere Kern- und Großstädte, größere Mittelstädte, kleinere Mittelstädte, Kleinstädte) und Gemeindetypen (große ländliche Gemeinden, kleine ländliche Gemeinden) erlaubt die Einbeziehung aller deutschen Städte in die Analyse. Hierbei kam auch die reale Bevölkerungsverteilung Deutschlands aus dem Jahr 2008 zum Einsatz (Datensatz zur Volkszählung), um die Situation möglichst genau zu rekonstruieren.⁸ Die Mobilität in 1.557 deutschen Städten wurde nach den fünf Städtetypen differenziert betrachtet und unter Berücksichtigung der CASE-Simulation ausgewertet. Hieraus konnten Vergleiche zur Ausgangssituation in 2008 getroffen werden.

Zu Ermittlung von repräsentativen Fahrzeugpreisen, Steuersätzen und Kraftstoffverbräuchen in den einzelnen Fahrzeugsegmenten wurden darüber hinaus über den Allgemeinen Deutschen Automobil-Club Daten als Aufstockung bezogen.⁹

Der quantitative Vergleich zwischen der Ausgangssituation in 2008 (System mit eigentumsbasierten Pkws) und der CASE-Simulation (System mit CASE-Flotten) erlaubt die Auswertung und Diskussion von acht aufgestellten Hypothesen (Kapitel fünf), welche die Volkswirtschaft Deutschlands gesamtheitlich betreffen. Geprüft und diskutiert wurde, ob künftig mit weniger Fahrzeugen in deutschen Städten zu rechnen ist beziehungsweise diese durch passgenaue Größen eine effizientere Auslastung der Sitzplätze realisieren können. Auch wurde geprüft, inwiefern CASE-Flotten zu sinkenden Preisen für Mobilität führen können und welche Potentiale bei der Elektrifizierung des deutschen Pkw-Bestandes bestehen. Mögliche Auswirkungen auf das Pkw-Produktionsvolumen und die Arbeitsplätze in der Automobilbranche wurden in diesem Zusammenhang in Betracht gezogen. Ob der öffentliche Personennahverkehr und kostenlose öffentliche Parkplätze in deutschen Städten obsolet werden könnten, wurde ebenso diskutiert.

Nicht nur die volkswirtschaftliche Betrachtung von CASE-Flotten stellt ein Novum in diesem Forschungsgebiet dar. Auch die detaillierte Zerlegung der urbanen Mobilitätsströme nach Gruppengrößen erlaubt es Automobilherstellern, erstmals die Zusammensetzung von CASE-Flotten unter Berücksichtigung von Fahrzeuggrößen zu berechnen.

Einzigartig ist auch der Einbezug von urbanem Parkraum in die Analyse. Die

⁸ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

⁹ Vgl. ADAC (2017a).

Vergleichsanalyse wird zeigen, dass aus Sicht der Institutionenökonomik die Abschaffung von öffentlichem und kostenfreiem Parkraum sinnvoll ist. Da CASE-Flotten mit einer geringen Anzahl von Fahrzeugen operieren können, werden keine Straßenparkplätze für diese benötigt. Der Platz in Parkhäusern und ähnlichen Einrichtungen genügt bei Weitem, um den Parkplatzbedarf für eine Koexistenz zwischen CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen zu decken.

Diese Koexistenz sollte also so geregelt werden, dass die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge in Städten auf die Anzahl der vorhandenen Parkplätze in Parkhäusern und ähnlichen Einrichtungen begrenzt wird. Aus Sicht der Institutionenökonomik findet hier eine Veränderung der Verfügungsrechte hinsichtlich der Fahrzeugzulassungen statt.¹⁰ Durch ein solches institutionelles Arrangement können CASE-Flotten die negativen externen Effekte der heutigen Mobilitätsform wie CO₂-Emissionen, Verkehrsstaus, Verkehrsunfälle, Lärmbelastungen und die Inanspruchnahme öffentlicher Flächen für Parkraum eliminieren – Voraussetzungen für eine lebenswerte Stadt, die vor allem auch Platz für Fahrradwege bietet.

¹⁰ Vgl. Demsetz (1967, S. 347-359).

2. CASE – 4 Megatrends in der Automobilbranche

CASE ist nicht nur ein neu geschaffener Bereich innerhalb der *Daimler AG*, sondern steht auch für vier globale Megatrends in der Automobilbranche. Die nachfolgenden Abschnitte und Unterabschnittspunkte zeigen auf, welche *Technologie-Impulse und Problemfelder* die einzelnen Megatrends beinhalten.

2.1 Connected Car

Das Akronym CASE beginnt mit dem Buchstaben „C“, der für *Connected Car* steht (zu Deutsch: Vernetztes Auto). Das vernetzte Auto repräsentiert die Bemühungen der Automobilbranche, bei der weltweit rasanten Entwicklung digitaler Services Schritt zu halten. Diese Bemühungen versprechen vor allem großes Verbesserungspotential hinsichtlich der Koordination im Straßenverkehr und ein nie dagewesenes Serviceerlebnis für den Automobilkunden. Wie sich in diesem Abschnitt zeigen wird, steht dem Technologie-Impuls Connected Car auch das Problemfeld Connected Car gegenüber. Das Problemfeld Connected Car ist durch bislang ungelöste Herausforderungen bei der flächendeckenden Vernetzung des Automobils gekennzeichnet.

2.1.1 Technologie-Impuls Connected Car

Definitionsgemäß stellt das vernetzte Auto einen *Personenkraftwagen (Pkw)* dar, welcher mit einer drahtlosen Internetverbindung ausgestattet ist.¹¹ Diese drahtlose Internetverbindung wird fachsprachlich auch als *WLAN (Wireless Local Area Network)* bezeichnet. Das WLAN stellt einen Internetzugang für internetfähige Geräte innerhalb und außerhalb des Pkws bereit. In diesem Zusammenhang nutzt das vernetzte Auto bereits verbaute oder nachträglich installierte *Telematik-Geräte* zur Interaktion mit der Umwelt und ermöglicht es dem Fahrer, verschiedene Services in Anspruch zu nehmen wie beispielsweise *Infotainment-, Communication- oder Safety- and Security-Services*.

¹¹ Vgl. Visiongain (2014).

Connected Car Services

In den letzten Jahren hat sich die Zahl der neu erschienenen Telematik-Systeme großer Automobilhersteller mehr als verdoppelt. Die daraus entstandenen Connected Car Services lassen sich wie folgt unterteilen und mit Beispielen konkretisieren.

- **Safety and Security:** Hierzu zählt die automatische Erkennung von Unfällen im Verkehr und die digitale Übermittlung von Schäden an Teilen des Fahrzeuges. Die Safety- und Security-Services werden auch präventiv zum Schutz vor Autodiebstahl eingesetzt: Das *Stolen Vehicle Tracking- (SVT-)* System zum Beispiel ermöglicht die permanente Ortung eines Fahrzeuges und soll Fahrzeugdiebe abschrecken.
- **Communication and Convenience:** Diese Kategorie beinhaltet integrierte Navigationssysteme, die mit aktuellen Verkehrsdaten per Internet gespeist werden. Auch ein *Concierge Service*, mit Hilfe dessen beispielsweise digital ein Hotelzimmer aus dem Auto heraus gebucht werden kann, fällt in diese Kategorie.
- **Remote:** Die Remote Services befähigen den Fahrer dazu, Dinge am Auto aus der Ferne zu kontrollieren wie den Reifendruck oder den Tankfüllstand. Darüber hinaus kann beispielsweise per App das Fahrzeugfenster geöffnet oder die Fahrzeughupe zum Auffinden des Fahrzeuges betätigt werden.
- **Infotainment and Internet:** Hierzu zählt die Möglichkeit Pressemitteilungen im Auto abzurufen oder auch *E-Mails* im Fahrzeug zu empfangen.
- **Smartphone-Apps:** Weithin bekannte *Smartphone-Apps* wie die von *Google*, *Facebook* oder *Twitter* finden über diesen Kanal ihren Weg in das vernetzte Auto.

Auch das Thema Gesundheit im Fahrzeug gewinnt zunehmend an Bedeutung.¹² Unter dem Oberbegriff *Health* sollen künftig auch medizinische Apps in das Fahrzeug integriert werden, um die Herzfrequenz oder den Blutzuckerspiegel während der Fahrt messen.

Im Hinblick auf die vollständige Automatisierung des Fahrprozesses wird der Kategorie Communication and Convenience besondere Bedeutung beigemessen. Nicht nur Navigationssysteme mit aktuellen Verkehrsdaten sind hier gefragt – entscheidender Faktor für

¹² Vgl. Kuhnert et al. (2015, S. 6-7).

die bevorstehende Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens sind *digitale Karten*.¹³

Digitale Karten

Das heutzutage verfügbare Kartenmaterial ist ein Abbild des Verkehrsnetzes und funktioniert nur, solange Menschen während des Fahrprozesses die endgültigen Entscheidungen eigenständig treffen. Eine wesentliche Voraussetzung für automatisierte Fahrmanöver hingegen ist das *spurgenaue Kartenmaterial*. Dieses ist geprägt durch die Erkennung von *Umgebungsmerkmalen* wie dem *Kurvenverlauf*, *Einengungen* oder *Sichtbeschränkungen*. Darüber hinaus werden Zusatzinformationen benötigt wie beispielsweise die Fahrzeugposition, der Status von Lichtsignalanlagen oder aktuelle Beschilderungen. Mit steigender Umgebungskomplexität können auch *dreidimensionale Modelle* zur Umgebungserkennung erforderlich sein – man denke hier nur an hervorstehende Hausfassaden.

Abbildung eins veranschaulicht in diesem Zusammenhang, wie eine hoch definierte Kartenansicht aussieht. Das Unternehmen *HERE*, das sich mit der Erstellung von digitalen Karten befasst, zeigt in dieser Momentaufnahme den Blick auf eine Autobahn in Michigan aus Sicht der Unternehmenssoftware.

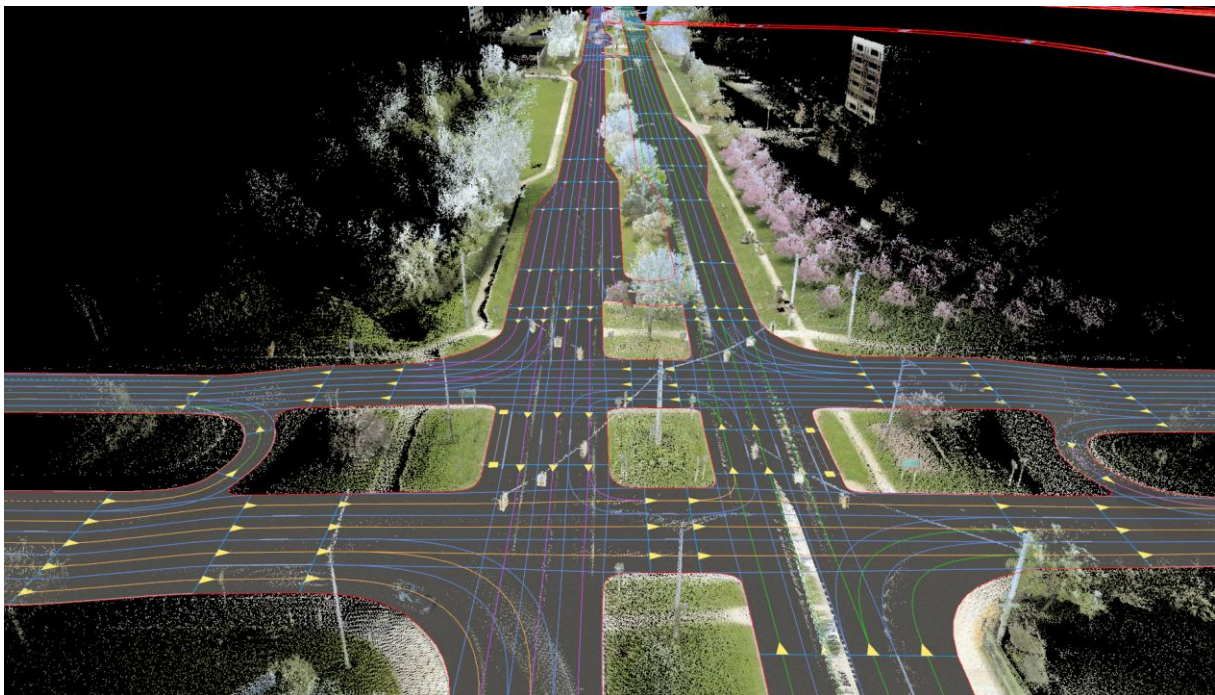


Abbildung 1: Hoch definierte Karte einer Autobahn in Michigan des Kartendienstleisters HERE
Quelle: HERE (2017).

¹³ Vgl. Becher et al. (2015, S. 15-17).

Bereits im Jahr 2015 stand fest: Die Autokonzerne *Audi*, *Daimler* und *BMW* schließen sich zusammen, um für 2,8 Milliarden Euro *Nokias* Kartendienst HERE zu übernehmen.¹⁴ Die drei Hersteller sind an dem Kartendienst zu jeweils gleichen Teilen beteiligt und rüsten sich damit gegen neue Konkurrenten im Markt, insbesondere gegen das Unternehmen Google.

Es geht bei dieser Übernahme vor allem auch darum, sich unabhängig von Googles Kartendienst *Google Maps* zu machen. Denn alternativ hätte für die deutschen Automobilkonzerne auch die Möglichkeit bestanden, Echtzeitkartendaten über den IT-Riesen aus dem *Silicon Valley* zu beziehen. Diese Option wurde jedoch verworfen, da sowohl Google als auch die deutschen Autobauer Anspruch auf die künftig generierten Daten der Autofahrer erheben. Es kam zu keiner Einigung bei den Verhandlungen. Im Diskurs bestanden vor allem Meinungsverschiedenheiten im Umgang mit Daten: Aus deutscher Sicht gehören die Daten zunächst dem Kunden. Wenn der Kunde die Entscheidung trifft, seine Daten dem Hersteller anzuvertrauen, wird mit diesen sehr zurückhaltend gearbeitet. Dieses Versprechen könnte bei einer Zusammenarbeit mit Google jedoch nicht gewährleistet werden, denn der IT-Konzern aus *Palo Alto* strebt einen wesentlich freizügigeren Umgang mit den gesammelten Daten an. An dieser Stelle kommt eine Analogie zu Tage, bei welcher im europäischen und speziell im deutschen Raum der *Datenschutz* eine weitaus größere Rolle spielt als in den USA. Auch weitere Marktakteure wie der chinesische Online-Konzern *Baidu* oder der umstrittene Fahrdienst-Vermittler *Uber* forschen an selbstfahrenden Fahrzeugen und sollen Interesse an der Übernahme von Nokias Kartendienst HERE bekundet haben.

Christoph Hellmis, Leiter Digitale Kartenplattform-Dienste bei HERE, betont im Experteninterview, dass die Anforderungen an digitale Karten mit den bislang bestehenden Anforderungen an das Kartenmaterial für den Endkunden überhaupt nicht vergleichbar sind.¹⁵ Über die bereits anfänglich genannten Anforderungen hinaus benötigen digitale Karten Informationen über Steigung und Gefälle der Fahrbahnen. Die Karte der Zukunft, die auch als *Digitale Karte 3.0* bezeichnet wird, ist Zentimeter-genau und bezieht *Updates* im Minuten-Rhythmus. Sie inkludiert landestypische Gesetzmäßigkeiten und ist somit kulturell geprägt. Im Idealfall ermöglicht sie die exakte *Lokalisierung* mittels satellitengestützter Technologie.

¹⁴ Vgl. Automobilwoche (2015).

¹⁵ Vgl. Autogazette (2014).

Lokalisierung

Die spurgenaue Fahrzeuglokalisierung erfolgt in der Regel über das satellitengestützte Lokalisierungssystem *GPS (General Positioning System)*.¹⁶ Das GPS spielt auch für den automatisierten Parkvorgang eine nicht unerhebliche Rolle: Hier werden sehr genaue Informationen über die Fahrzeugposition auf der Parkfläche oder innerhalb des Parkhauses benötigt. Die Positionsbestimmung erfolgt über die Auswertung von *Signallaufzeiten* zwischen den zu empfangenden Satelliten und dem jeweils zu ortenden Empfänger am Boden. Über mathematische Modelle führen die ermittelten Entfernungen dann zu *Koordinaten auf der Erdoberfläche*. Für sich bewegende Fahrzeuge nutzen moderne Navigationsgeräte oder Smartphone-Apps das sogenannte *Map-Matching* (zu Deutsch: *Karteneinpassung*). Hierbei werden Methoden angewendet, welche die Bewegungen des Fahrzeuges in den davorliegenden Sekunden miteinbeziehen und durch das „Nachziehen“ abbilden. Die spurgenaue Fahrzeuglokalisierung kann durch diese Methoden jedoch nicht gewährleistet werden.

Als letzten stützenden Pfeiler des vernetzten Autos kann das Fahrzeug seine Umgebung nicht nur wahrnehmen, sondern auch in gewissem Maße mit ihr kommunizieren. Man spricht in diesem Fall von der *Car-to-X-Kommunikation (C2X)*.¹⁷

Car-to-X-Kommunikation

Die Car-to-X-Kommunikation (C2X) ist insbesondere durch zwei Fälle geprägt: Der erste Fall beschreibt die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen und wird als *Car-to-Car-Kommunikation (C2C)* bezeichnet. Findet Kommunikation zwischen vernetzten Fahrzeugen und fest installierter Infrastruktur statt, spricht man hingegen von der *Car-to-Infrastructure-Kommunikation (C2I)*. Das „X“ in der Bezeichnung Car-to-X-Kommunikation lässt Spielraum bei der künftigen Erschließung neuer Anwendungsbereiche. Denkbar wäre hier eine Car-to-Pedestrian-Kommunikation, bei der das Fahrzeug mit Fußgängern und deren

¹⁶ Darüber hinaus existiert im russischen Raum das satellitengestützte Lokalisierungssystem GLONASS (Global Navigation Satellite System), welches vom Verteidigungsministerium der russischen Föderation betrieben wird. Künftig könnte das sich im Aufbau befindende Lokalisierungssystem Galileo im europäischen Raum zum neuen Standard werden und GPS ablösen.

¹⁷ Vgl. VDA (2015).

Smartphones, Smartwatches und Smartglasses automatisiert kommuniziert.¹⁸

Mercedes-Benz hat bereits im Jahr 2012 eine Veranschaulichung veröffentlicht, bei der die Kommunikationskanäle der Car-to-X-Kommunikation visualisiert wurden (siehe Abbildung zwei).

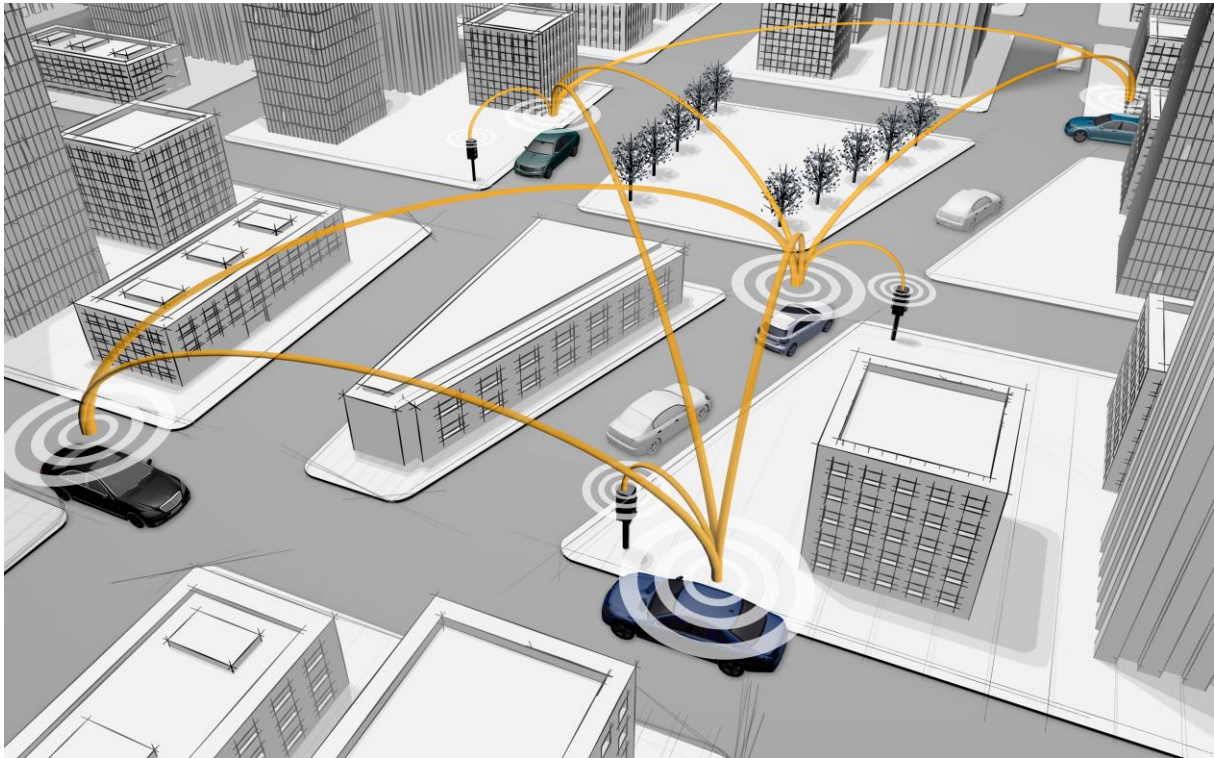


Abbildung 2: Visualisierte Kommunikationskanäle der Car-to-X-Kommunikation
Quelle: Mercedes-Benz Passion (2012).

Innerhalb von Sekundenbruchteilen ermöglicht die Car-to-X-Kommunikation dem vernetzten Fahrzeug die Sammlung und Verarbeitung von Verkehrsinformationen. Diese Informationen werden über vorausfahrende Fahrzeuge oder Verkehrsleitsysteme bezogen und können dem Fahrer und seinem Pkw Aufschluss über bevorstehende Baustellen oder Ampelphasen geben. So können Gefahrensituationen wie *Unfälle, Glatteis oder Stauenden* entlang der Route durch Fahrer und Fahrzeug festgestellt werden, selbst wenn diese noch nicht in Sichtweite des Fahrzeuges sind.

Neben diesen Sicherheitsaspekten steht C2X auch für Komfort beim Fahren: Die Vernetzung von Fahrzeugen und Parkplätzen könnte künftig das Fahrzeug in vernetzten Parkhäusern einen zugewiesenen Stellplatz finden lassen. Darüber hinaus pilotieren bereits heute

¹⁸ Unter dem Namen Vehicle-to-Pedestrian-Kommunikation (V2P) testet das Unternehmen Cohda Wireless in Zusammenarbeit mit dem Telekommunikationsunternehmen Telstra und der südaustralischen Regierung die digitale Einbindung von Fußgängerbewegungen in die Karten vernetzter Autos (vgl. Smart 2.0 (2017)).

Unternehmen wie *Bosch* und *Daimler* erfolgreich das Konzept des *Community-based Parkings*.¹⁹ Hierbei wird zum schnellen Auffinden frei verfügbarer Parkplätze am Straßenrand die *Community von Fahrzeugen* genutzt, bei denen bereits serienmäßig Sensoren für Einparkhilfen und ein Internetzugang verbaut wurden.

Parkplatz-Suchende und Personen, die im Stadtverkehr unterwegs sind und keinen Parkplatz suchen, bilden hierbei eine Gemeinschaft: Auf ihrem Weg durch die Stadt erfassen *Senderfahrzeuge* über ihre verbauten Sensoren freie Parklücken, auch wenn deren Fahrer nach keinem Parkplatz sucht. Diese Daten werden dann *Empfängerfahrzeugen* anonymisiert zur Verfügung gestellt und können im Navigationssystem abgebildet werden. Mit steigender Zahl an vernetzten Autos, die teilnehmen, steigt auch die Genauigkeit und Aktualität der übermittelten Daten.

Wie dieser Unterabschnittspunkt gezeigt hat, verspricht der Technologie-Impuls Connected Car großes Verbesserungspotential für den Straßenverkehr und hat bereits beachtliche Innovationen hervorgebracht. Dem gegenüber steht das Problemfeld Connected Car. Im folgenden Unterabschnittspunkt wird gezeigt, welche Herausforderungen das vernetzte Auto heute noch nicht bewältigt und vor allem warum.

2.1.2 Problemfeld Connected Car

Sajjad Khan, Vice President für den Bereich Digital Vehicle and Mobility bei der Daimler AG, spricht im Experteninterview eines der ausschlag gebenden Probleme des vernetzten Fahrzeuges an: Es vergeht zu viel Zeit, bis Innovationen ihren Weg in das vernetzte Auto finden.²⁰ Spezifischer formuliert, stellen die sehr *unterschiedlichen Innovations- und Produktzyklen der Elektronik- und Automobilindustrie* ein großes Problem dar.²¹

Unterschiedliche Innovations- und Produktzyklen der Elektronik- und Automobilindustrie

Beispielhaft sei an dieser Stelle die Displaytechnologie im vernetzten Fahrzeug herausgegriffen. Die Displaytechnologie fällt in die Kategorie *HMI (Human-Machine Interaction)*. Die Technologiezyklen beim Display werden durch die *Consumer-Elektronik* geprägt (insbesondere durch Smartphones und Flat-Screen-Displays). Jährlich bringen große

¹⁹ Vgl. Bosch (2017).

²⁰ Vgl. Visions New Mobility (2017).

²¹ Vgl. Polarixpartner (2017).

Hersteller wie *Apple* oder *Samsung* die nächste Generation ihrer Smartphones auf den Markt. Die Entwicklung eines neuen Fahrzeuges hingegen dauert in der Regel drei bis vier Jahre.²² Anschließend wird das neu auf den Markt gebrachte Auto-Modell dann sechs bis acht Jahre lang verkauft. Wenn man bedenkt, wie schnell ein Smartphone heutzutage aus der Mode gerät, sobald ein neues Modell erschienen ist, scheint auch diese Zeitspanne von sechs bis acht Jahren fernab von den Produktzyklen des Consumer-Elektronik-Marktes zu sein. Somit müssen Entwickler wie auch HMI-Designer bei der Konzipierung eines neuen Fahrzeugmodelles ständig vorausschauendes Denken unter Beweis stellen. Künftige Trends im Hard- und Softwarebereich werden antizipiert und mit den für die Automobilindustrie typischen Produktzyklen in Einklang gebracht. Dies stellt bei der Entwicklung des vernetzten Autos für die gesamte Branche eine große Herausforderung dar, die bislang ungelöst ist.

Abbildung drei zeigt zur Veranschaulichung das Interieur des *Mercedes-Benz Concept IAA*s und dessen HMI-Ausstattung beziehungsweise Displaytechnologie.



Abbildung 3: HMI-Ausstattung und Displaytechnologie des Mercedes-Benz Concept IAA
Quelle: Mercedes-Benz (2015).

Es ist also die Automobilbranche, welche sich in diesem Fall nach der Elektronikindustrie richtet und nicht umgekehrt.

²² Vgl. Spiegel Online (2013).

Darüber hinaus weist das vernetzte Auto in einem völlig anderen Bereich ungelöste Probleme auf. Die GPS-Ortung ist nicht immer zuverlässig.

Unzuverlässige GPS-Ortung

Es wurde bereits beschrieben, dass die GPS-Ortung auf Grundlage von Satellitenortungssystemen erfolgt. Dabei findet eine Auswertung von Signallaufzeiten zwischen den zu empfangenden Satelliten und dem zu ortenden Empfänger am Boden statt. Ermittelte Entfernungen führen dann über mathematische Modelle zu Koordinaten auf der Erdoberfläche.²³

Jedoch unterliegt die Messung von Signallaufzeiten beziehungsweise Entfernungen bestimmten *zufälligen und systematischen Schwankungen*, die zu Fehlern führen. Auswirkungen auf die Messung haben die Anzahl und Anordnung der sichtbaren Satelliten, wechselnde Verhältnisse in der Atmosphäre sowie auch die Bebauung am Boden. Somit lässt sich kein genauer Punkt am Boden bestimmen, sondern eher eine Fläche, innerhalb derer der Punkt wahrscheinlich liegt. Zur Reduktion dieser negativen Effekte kommen verschiedene Korrekturinstrumente zum Einsatz. Sehr verbreitet ist das sogenannte *Differential-GPS*. Der zu ortende Empfänger erhält dabei über einen zusätzlichen Datenkanal (wie beispielsweise Mobilfunk) *Korrektursignale*, welche helfen, die genaue Position zu approximieren. Bezugspunkte zur Ermittlung dieser Korrektursignale können *Referenzstationen* sein. Deren genaue Position auf der Erdoberfläche muss natürlich bekannt sein, um den jeweiligen Fehler in der GPS-Ortung quantifizieren zu können. Je weiter der zu ortende Empfänger von der nächstgelegenen Referenzstation liegt, desto weniger präzise wirkt diese Art der Fehlerkorrektur.

Ein weiteres Problemfeld stellt die Car-to-X-Kommunikation dar. Dieses ist geprägt durch eine *geringe Marktdurchdringung, mangelnde Verkehrsinfrastruktur und einen gestörten Verkehrsfluss*.

Marktdurchdringung, Infrastruktur, Verkehrsfluss

Hält man sich noch einmal die Potentiale der Car-to-X-Kommunikation vor Augen, fällt einem das wohl größte Problem auf, mit dem sich die Akteure aus Wirtschaft und Politik konfrontiert sehen: Eine geringe Marktdurchdringung der Technologie Car-to-X-

²³ Vgl. Becher et al. (2015, S. 17).

Kommunikation in Verbindung mit wenig ausgebauter digitaler Verkehrsinfrastruktur führt zu einer geringen Verbesserung im Verkehrsfluss.

An dieser Stelle kann aus den nachfolgenden Kapiteln vorweggenommen werden, dass sich die Autofahrer in Städten durchschnittlich mit Geschwindigkeiten von nicht mehr als 35 *Kilometern pro Stunde (km/h)* im Pkw fortbewegen.²⁴ Dieser gestörte Verkehrsfluss wird bedingt durch Ampelstopps, Verkehrsstaus und den immer größer werdenden Parkdruck, welcher zu höheren Parkplatzsuchzeiten führt. Im Optimalfall koordiniert sich das Ökosystem von vernetzten Verkehrsteilnehmern und digitaler Verkehrsinfrastruktur so, dass es erst gar nicht zu einer Störung des Verkehrsflusses kommt.

Darüber hinaus konnten auch die großen Potentiale hinsichtlich der Verkehrssicherheit auf Grund von mangelnder Marktdurchdringung bislang nicht realisiert werden. Studien deuten darauf hin, dass menschliches Versagen den größten Gefahrenfaktor für Unfälle im Autoverkehr darstellt und vernetzte Autos diese Problematik lösen können.²⁵ Man geht konkret davon aus, dass über 90 Prozent der Verkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind.²⁶ Im Jahr 2013 starben in Europa 26.000 Verkehrsteilnehmer bei Verkehrsunfällen. Die Zahl der Verkehrsteilnehmer, welche mit Behinderungen aus Verkehrsunfällen hervorgehen, war in demselben Jahr sogar viermal so groß.

Kernprobleme des Connected Car

Zusammenfassend lässt sich das Problemfeld Connected Car anhand der folgenden Kernprobleme darstellen:

- Unterschiedliche Innovations- und Produktzyklen der Elektronik- und Automobilindustrie
- Unzuverlässige GPS-Ortung, welche partiell nur durch ein Differential-GPS kompensiert werden kann
- Geringe Marktdurchdringung der Car-to-X-Kommunikation mit allen Folgen: Gestörter Verkehrsfluss und hohe Verkehrsunfallrate

²⁴ Belege hierfür folgen in Kapitel vier.

²⁵ Vgl. Hars (2014a, S. 269-272).

²⁶ Vgl. Gundermann et al. (2015, S. 4).

Oftmals wird das Themenfeld Connected Car mit dem des *Autonomous Car* vermennt oder sogar verwechselt. Dies liegt daran, dass beide Themenfelder in einzelnen Punkten stark komplementär zueinander stehen. Eine genauere Erläuterung und Abgrenzung des autonomen Autos folgt im nächsten Abschnitt.

2.2 Autonomous Car

Der Buchstabe „A“ innerhalb des Akronymes CASE steht für Autonomous Car (zu Deutsch: Autonomes Fahrzeug) und weist auf den zweiten aktuellen Megatrend in der Automobilbranche hin. Das Autonomous Car zeichnet sich im Gegensatz zum Connected Car dadurch aus, dass die Kernfunktionen des Fahrens nicht durch Datenaustausch per Internet erfolgen, sondern auf Basis von *Umfeld-Sensoren*, die ihre Umgebung wahrnehmen.

2.2.1 Technologie-Impuls Autonomous Car

Definitionsgemäß fallen unter den Begriff „selbstfahrendes Kraftfahrzeug“ im weiteren Sinne auch Lastkraftwagen, landwirtschaftliche Zugmaschinen und Militärfahrzeuge, die sich ohne Einfluss des Fahrers oder ganz ohne Fahrer fortbewegen.²⁷ Nicht als selbstfahrendes Kraftfahrzeug gelten solche Fahrzeuge, die zwar unbemannt und dennoch ferngesteuert (also nicht autonom) fahren. Mit Hilfe verschiedener Sensoren können autonome Fahrzeuge ihre Umgebung wahrnehmen und aus den gewonnenen Informationen ihre Position und die anderer Verkehrsteilnehmer bestimmen. Im Zusammenschluss mit den Funktionen des Connected Cars (siehe auch: Digitale Karte und GPS) kann so im Idealzustand das Fahrziel angesteuert und ohne Kollision erreicht werden. Dennoch muss das Autonomous Car strikt vom Connected Car in der Betrachtung getrennt werden: Um unabhängig von externen Daten agieren zu können, also autonom, stützt sich das autonome Fahrzeug lediglich auf Umfeld-Sensoren und -Aktoren.²⁸

Umfeld-Sensoren und -Aktoren

Je nach Systemlösung und Einsatzgebiet kommen beim autonomen Fahren einzelne Sensoren oder eine Kombination der nachfolgend beschriebenen zum Einsatz.²⁹

²⁷ Vgl. Dokic/Müller/Meyer (2015, S. 2-4).

²⁸ Vgl. Becher et al. (2015, S. 9-15).

²⁹ Die hier beschriebenen Typen von Umfeld-Sensoren stellen häufig in der Praxis verwendete Technikstandards beim autonomen Fahren dar.

- **Ultraschall-Sensoren:** Nach dem *Echolotprinzip* senden Ultraschallsensoren kurzwellige Impulse aus, die von Objekten reflektiert werden. Mit Hilfe der Auswertung von Signallaufzeiten lässt sich die Entfernung zum jeweiligen Objekt ermitteln. Ultraschallsensoren realisieren *Reichweiten von bis zu fünf Metern*.
- **Radar-Sensoren:** Diese Sensoren arbeiten mit *elektromagnetischen Wellen im Radiofrequenzbereich (Funkwellen)*, die von Objekten reflektiert werden. Diese reflektierten Wellen können als Sekundärsignal empfangen und nach verschiedenen Kriterien ausgewertet werden. Radar-Sensoren realisieren *Reichweiten von bis zu 250 Metern*.
- **Kamerasysteme:** Bei dieser Technologie wird mit Hilfe von *halbleiterbasierten Bildsensoren* Licht in digitale Bildsignale übersetzt. Kamerasysteme haben den Vorteil, dass sie große Kontraste verarbeiten können. Kamerasysteme realisieren *Reichweiten von bis zu 500 Metern*.
- **Laser:** Dieser Umfeld-Sensor sendet *Lichtimpulse* aus und wertet die vom Objekt reflektierten Strahlen über das *Lichtlaufzeitverfahren* aus. In diesem Zusammenhang ist auch oft von *LIDAR-Systemen (Light Detection and Ranging Systems)* die Rede. Laser-Sensoren realisieren *Reichweiten von bis zu 100 Metern*.

Als Gegenpart zu den Umfeld-Sensoren gibt es die Aktoren zur automatisierten Fahrzeugführung. Als maschinelles Ausführungsglied bei der Automatisierung übernehmen Aktoren die *Querführung (Lenken)* beziehungsweise die *Längsführung (Beschleunigen und Bremsen)*.

Erst das Zusammenspiel von Umfeld-Sensoren und Aktoren ermöglicht die schrittweise Annäherung an den autonomen Fahrprozess. Bei dieser Evolution der Fahrzeugautomatisierung werden *fünf Stufen* unterschieden.

Die 5 Stufen der Fahrzeugautomatisierung

Bereits heute werden dem Automobilkunden verschiedene *Fahrerassistenzsysteme* beim Kauf eines neuen Pkws angeboten.³⁰ Zu nennen sind hierbei speziell für die Autobahnfahrt zugeschnittene *Assistenten* wie der *Spurhalteassistent* oder der *Abstandsregeltempomat mit*

³⁰ Vgl. VDA (2015).

*Notbrems- und Stauassistenten. Auch Parkassistenzsysteme, die den Fahrer beim Rangieren und Manövrieren unterstützen, zählen hier dazu. Die permanente Betätigung von Fahr- und Bremspedal kann beispielsweise die Fahrfunktion *Adaptive Cruise Control (ACC)* übernehmen.*

Man unterteilt die Evolutionsstufen des autonomen Fahrzeuges in *fünf Stufen der Fahrzeugautomatisierung*. Der *Verband der Automobilindustrie (VDA)* stellt hierfür eine Übersicht bereit.

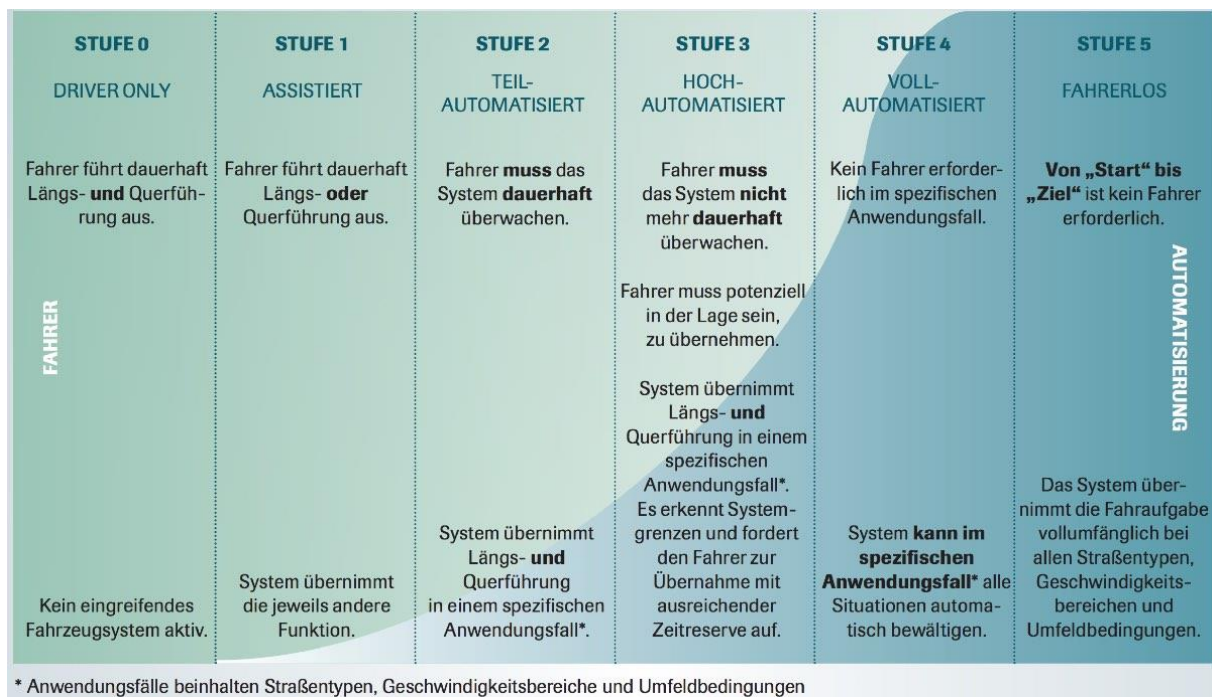


Abbildung 4: Automatisierungsgrade des automatisierten Fahrens

Quelle: VDA (2015).

Stufe 0: Automatisierte Fahrfunktionen sind bei dieser Stufe nicht vorhanden. Die Längsführung (Geschwindigkeit halten, Gas geben und Bremsen) wie auch die Querführung (Lenken) werden allein durch den Fahrer geführt. Es gibt lediglich warnende und keine eingreifenden Systeme im Fahrzeug.

Stufe 1: Das System kann entweder die Längs- oder die Querführung des Fahrzeuges übernehmen und der Fahrer führt dauerhaft die jeweils andere Aktivität aus.

Stufe 2: Bei dieser Stufe spricht man vom *teilautomatisierten Fahren*. Sowohl die Längs- als auch die Querführung können vom Fahrer an das System für einen *bestimmten Anwendungsfall* übergeben werden. Fahrzeug und Verkehr werden fortlaufend vom Fahrer überwacht. Darüber hinaus muss der Fahrer jederzeit in der

Lage sein, die Steuerung des Fahrzeuges übernehmen zu können.

Stufe 3: Das System erkennt selbstständig die Situation, in welcher die Umgebungsbedingungen nicht mehr dem Funktionsumfang des Assistenzsystems entsprechen und fordert den Fahrer zur Übernahme der Fahraufgabe auf. Längs- und Querverführung des Fahrzeuges müssen vom Fahrer bis dahin nicht mehr dauerhaft überwacht werden. Jedoch muss der Fahrer dazu in der Lage sein, nach Aufforderung durch das System mit einer *Zeitreserve* die Fahraufgabe wieder zu übernehmen.

Stufe 4: Die Fahraufgabe in spezifischen Anwendungsfällen kann in dieser Stufe komplett an das System übergeben werden. Diese Anwendungsfälle sind abhängig von Straßentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umfeld Bedingungen.

Stufe 5: Bei dieser Stufe spricht man vom *fahrerlosen Fahren*. Die Fahraufgabe wird auf allen Straßentypen, in allen Geschwindigkeitsbereichen und unter allen Umfeld-Bedingungen vom Fahrzeug vollständig allein durchgeführt.

Die Bezeichnungen „autonomes Fahren“ und „automatisiertes Fahren“ finden im Zusammenhang mit den fünf Stufen der Fahrzeugautomatisierung häufig Anwendung. Inwiefern diese voneinander abzugrenzen sind, soll im Folgenden besprochen werden.

Autonomes Fahren versus automatisiertes Fahren

Oftmals werden die Begrifflichkeiten „autonomes Fahren“ und „automatisiertes Fahren“ verwechselt oder sogar gleichgesetzt.³¹ Das Wort „autonom“ steht für Unabhängigkeit und diese ist in Bezug auf die Automatisierungsstufen *ab der vierten Stufe (bei Vollautomatisierung)* gegeben. Allerdings wird der Begriff in den Medien häufig auch bei niedrigeren Automatisierungsstufen verwendet. Ab dem Moment, in dem vollautomatisierte Fahrzeuge per Internet Daten von externer Seite zur Steuerung des Fahrzeuges beziehen (siehe auch Abschnitt: Connected Car), darf streng genommen nicht mehr von autonom gesprochen werden.

In Abgrenzung zur Car-to-X-Kommunikation, die dem Connected Car angehört, kann auch das Autonomous Car bis zu einem gewissen Grad mit seinem Umfeld kommunizieren. Das Forschungsfahrzeug *F 015 Luxury in Motion* von Mercedes-Benz zum Beispiel erkennt einen

³¹ Vgl. Becher et al. (2015, S. 33).

Fußgänger über seine Sensoren. Es signalisiert diesem mit einem *projizierten Zebrastrreifen auf dem Boden*, dass der Fußgänger weiterlaufen kann beziehungsweise soll.



Abbildung 5: Kommunikation des Mercedes-Benz F 015 Luxury in Motion mit einem Fußgänger
Quelle: Mercedes-Benz (2017b).

Wie auch das vernetzte Auto bietet das autonome Auto große Potentiale hinsichtlich der Fahrsicherheit und des Komforts. Analog dazu ist auch das Autonomous Car mit Problemen und Herausforderungen behaftet, welche sowohl die Wirtschaftsakteure als auch Vertreter der Politik betreffen.

2.2.2 Problemfeld Autonomous Car

Das Problemfeld Autonomous Car setzt sich aus drei zusammenhängenden Themenfeldern zusammen: Unzuverlässige Umfeld-Sensoren, rechtliche Hürden und eine träge Evolutionsgeschwindigkeit.

Unzuverlässige Umfeld-Sensoren

Im Bereich der Umfeld-Sensorik wurden in den letzten Jahren beachtliche Innovationen hervorgebracht. Dennoch treten vereinzelt Fälle auf, bei denen sich Umfeld-Sensoren noch als

unzuverlässig erweisen.³² Zu nennen wären diesbezüglich die folgenden Beispiele:

- Bei der *temporären Verkehrsführung* (bedingt durch Baustellen) werden in Deutschland *gelbe Fahrbahnmarkierungen* eingesetzt. Die weißen Fahrbahnmarkierungen sind dabei nach wie vor vorhanden. Das Autonomous Car müsste innerhalb des vollen Funktionsumfanges diesen Sachverhalt erkennen und die weißen Fahrbahnmarkierungen ignorieren. Diese Intelligenzstufe ist heutzutage in Fahrzeugen mit Automatisierungstechnik jedoch noch nicht ausgereift.
- Gültige Fahrbahnmarkierungen können durch Verschmutzung, Schnee und Abnutzung beziehungsweise Ablösung verdeckt oder nur schwer erkennbar sein.
- Die Ansammlung von Nässe auf der Fahrbahnoberfläche, insbesondere in Vertiefungen von entfernten Fahrstreifen, kann zu Reflexionen führen. Aus Sicht der Fahrzeug-Sensorik kann dies ein ähnliches Abbild wie eine echte Fahrbahnmarkierung ergeben, die aber ignoriert werden sollte (*Phantommarkierung*).
- Ältere beziehungsweise verschmutzte Verkehrszeichen können unzureichende Reflexionseigenschaften aufweisen und zu falschen Detektionsergebnissen führen.

Die Zuverlässigkeit der Erkennung ist in diesen und weiteren Fällen eingeschränkt. Verbesserte Einzelsensoren können diesen Missstand nur bedingt verbessern. Die adäquate Lösung liegt eher darin, die Daten der verschiedenen Sensoren von Verkehrsteilnehmern zu kombinieren und kumuliert auszuwerten (*Datenfusion*).

Auf Grund dieser unzureichenden Verlässlichkeit der Automatisierungstechnik tut sich vor allem die Politik damit schwer neue Gesetze zu verabschieden, die das automatisierte Fahren begünstigen.

Rechtliche Hürden des autonomen Fahrens

Die aktuelle Rechtsgrundlage in Deutschland erlaubt keine zufriedenstellende Beantwortung von Rechtsfragen, welche das autonome Fahren betreffen.³³ Dies begründet sich darauf, dass im Bereich des öffentlichen Straßenverkehrs die Frage nach autonomen Fahrzeugen bislang

³² Vgl. Becher et al. (2015, S. 11).

³³ Vgl. Gasser (2015, S. 543-574).

nicht eingehend gestellt wurde. Es wurde immer davon ausgegangen, dass ein Fahrer die Fahrzeugsteuerung ausführt. Hier liegt also ein grundlegender Wechsel vor, welcher durch die eigenständige maschinelle Fahrzeugsteuerung geprägt ist.

Der autonome Fahrprozess ist anfällig für Fehler. Aus juristischer Perspektive spricht man hierbei vom *Automatisierungsrisiko*. Mit Blick auf das *Grundrecht auf Leben und körperliche Unversehrtheit* ist anzunehmen: Erst wenn Langzeitstudien eindeutig belegen, dass das Automatisierungsrisiko geringer ist als das resultierende Risiko menschlicher Fahrzeugführung, ist eine Gesetzesänderung zu Gunsten autonomen Fahrens zu erwarten.

Auch die Produkthaftung wirft nach wie vor rechtliche Fragen auf. Sollte die vollautomatisierte Fahrt in einem Unfall enden und wenn dieser auf Eigenverschulden des Fahrzeuges zurückzuführen ist, haftet dann der Fahrzeughersteller, der Automobilkunde (welcher sich dem ausgesetzten Risiko bewusst ist) oder eventuell der Zulieferer (dessen Umfeld-Sensoren im Fahrzeug verbaut sind und nicht richtig funktionierten)?

Die Frage nach *ethischen Gesichtspunkten* bei der Rechtsprechung taucht in der Diskussion um das automatisierte Fahren immer wieder auf.³⁴ Sofern ein Unfall unvermeidlich ist, wird der Fahrer heutzutage auf Grund der vorliegenden Situation eine Entscheidung treffen müssen. Diese wird in der Regel innerhalb von Sekundenbruchteilen getroffen. Es könnte zum Beispiel die Situation auftreten, bei welcher der Unfall mit einem jüngeren Fußgänger nur vermieden werden kann, wenn das Fahrzeug stattdessen einen älteren Fußgänger verletzt. Diese Entscheidung kann von einem System, welches das Fahrzeug steuert, nicht intuitiv getroffen werden. Vom System wird nur das befolgt, was im Vorfeld in das Fahrzeug einprogrammiert wurde. Im Rückschluss bedeutet dies, dass sich der Hersteller des Systems im Vorfeld diese Abwägungsfrage stellen müssen. Diese Frage ist auch strafrechtlich relevant, und die große Herausforderung liegt darin, einheitliche Regelungen zu finden, die sich an ein sich immer fortentwickelndes System anpassen.

Im Jahr 2016 bezog die Daimler AG Stellung zu der Frage: Wessen Leben soll ein selbstfahrendes Auto im Ernstfall schützen – das Leben des Fußgängers oder das Leben des Insassen?³⁵ Im konkreten Fall ist ein Aufprall unvermeidlich, und zur Auswahl stehen eine Fußgängergruppe oder ein Hindernis. Nach Ermessen des Autokonzerns ist das Leben des

³⁴ Vgl. CASTON (2016).

³⁵ Vgl. Gründerszene (2016).

Insassen als Erstes zu schützen. Somit müsste das selbstfahrende Auto in diesem Fall in die Menschengruppe fahren. Dieser Fall zeigt die Brisanz der ethischen Diskussion um selbstfahrende Autos.

Abschließend lässt sich sagen: Der Verband der Automobilindustrie weist darauf hin, dass die *Rechtslage auf nationaler und internationaler Ebene* bezüglich des autonomen Fahrens noch sehr *heterogen* ist. Sie bedarf einer Anpassung und Vereinheitlichung der rechtlichen Rahmenbedingungen.³⁶

Unzuverlässige Umfeld-Sensoren und rechtliche Hürden führen im Ergebnis zu einer *trägen Evolutionsgeschwindigkeit der automatisierten Fahrsysteme*. Auf welchem technologischen Stand man sich heute beim autonomen Fahren befindet und welche Entwicklungsprognose vorherrscht, soll im Folgenden aufgezeigt werden.

Träge Evolutionsgeschwindigkeit automatisierter Fahrsysteme

In Anlehnung an Abbildung vier (Automatisierungsgrade des automatisierten Fahrens) lässt sich sagen, dass heutzutage Assistenzsysteme bis zu Stufe zwei auf dem Markt verfügbar sind.³⁷ Hierbei handelt es sich zumeist um Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme, welche aktiv in die Längs- oder Querführung eingreifen und folglich der Stufe eins zuzuordnen sind. Assistierende Systeme werden vereinzelt auch so kombiniert, dass sie die Quer- und Längsführung übernehmen. Diese entspricht dann der Stufe zwei. Die Systeme müssen jedoch kontinuierlich durch den Fahrer überwacht werden.

³⁶ Vgl. VDA (2015).

³⁷ Vgl. Becher et al. (2015, S. 30).

Mit Blick in die Zukunft hat der Verband der Automobilindustrie eine Zeitleiste veröffentlicht (siehe Abbildung sechs), welche die weiteren Evolutionsstufen des automatisierten Fahrens vorhersagt.

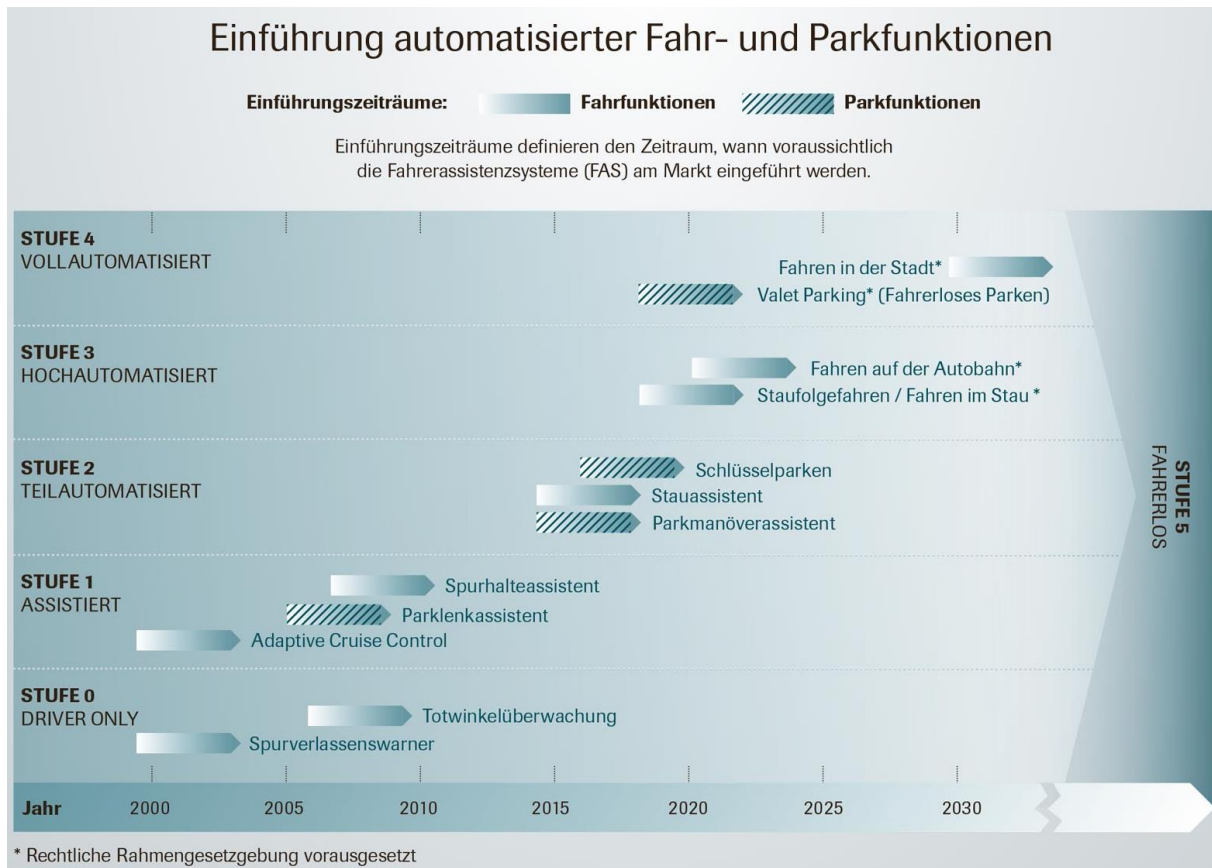


Abbildung 6: Einführung automatisierter Fahr- und Parkfunktionen

Quelle: VDA (2015).

Beachtet man die großen Potentiale, welche autonome Fahrzeuge in Bezug auf die Fahrsicherheit und den Komfort bereitstellen, scheint diese zu erwartende Evolutionsgeschwindigkeit nicht zufriedenstellend – man könnte sie sogar als träge bezeichnen, wenn man zum Vergleich die Innovationsgeschwindigkeit im Consumer-Elektronik-Bereich heranzieht.

Kernprobleme des Autonomous Car

Zusammenfassend konnten die folgenden Kernprobleme des Autonomous Car eruiert werden:

- Unzuverlässige Umfeld-Sensoren, welche bei zu geringer Marktdurchdringung auch nicht durch Datenfusion kompensiert werden können

- Rechtliche Hürden ohne einheitlichen Lösungsansatz auf nationaler und internationaler Ebene
- Träge Evolutionsgeschwindigkeit automatisierter Fahrsysteme auf Grund der oben genannten Kernprobleme

Dieser Abschnitt hat gezeigt, dass das Autonomous Car und das Connected Car in ihren Funktionen stark miteinander verzahnt sind.

Darüber hinaus ist in der Automobilbranche ein allgemeiner Trend zugange, welcher auf die weltweite Digitalisierung verschiedenster Lebensbereiche zurückzuführen ist. Der Lebensbereich Mobilität und die *Sharing Economy* stehen bei diesem Trend im Mittelpunkt – gemeint ist der Megatrend *Shared Mobility*.

2.3 Shared Mobility

Dieses Kapitel beinhaltet als dritten Baustein des Akronyms CASE den Buchstaben „S“ und dieser steht für Shared Mobility (zu Deutsch: Geteilte Mobilität). Die Begrifflichkeit Shared Mobility stellt eine Mischung aus dem Wort Mobilität und dem eigenständigen Trend der Sharing Economy dar. Wofür der Technologie-Impuls Shared Mobility steht und welche Innovationen in diesem Bereich noch zu erwarten sind, zeigt der nächste Unterabschnittspunkt.

2.3.1 Technologie-Impuls Shared Mobility

In diesem Unterabschnittspunkt sollen die folgenden Themen besprochen werden: Die Sharing Economy, *Carsharing* und weitere *Shared Mobility-Konzepte*.³⁸

Die Sharing Economy

Geprägt wurde der Begriff Sharing Economy (*auch: Share Economy*) durch den Harvard-Ökonom Martin Weitzman und sagt aus:³⁹ Der Wohlstand erhöht sich für alle Marktteilnehmer, je mehr unter ihnen geteilt wird. Unter Teilen wird hierbei die *gemeinsam*

³⁸ Für diesen Abschnitt wurden vereinzelt Quellen und Zitationen aus der nicht-öffentlichen Masterarbeit des Autors mit dem Titel „Kooperationsmanagement in der Automobilbranche – Chancen und Potenziale für das Carsharing Konzept am Beispiel der car2go Europe GmbH“ übernommen. Themen und Inhalte der Masterarbeit stammen aus dem Jahr 2015 und haben weder an Aktualität noch an Relevanz verloren.

³⁹ Vgl. Weitzman (1984, S. 1-23).

zeitlich begrenzte Nutzung von Ressourcen, welche nicht dauerhaft benötigt werden, verstanden. In diesem Zusammenhang wird im deutschsprachigen Raum auch der Begriff *Kokonsum (kollaborativer Konsum)* als Synonym verwendet. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts führt die *Digitale Revolution* zu einem Aufblühen der Sharing Economy. Unter Digitaler Revolution wird der Einzug des Computers in die Gesellschaft seit Ende des 20. Jahrhunderts und die damit verbundene Digitalisierung von Informationen verstanden.

Während die klassische Ökonomie durch die Themen Produktion, Konsumption und Entsorgung geprägt ist, legt die Sharing Economy darüber hinaus den Fokus auf *Zugang statt Eigentum* und die *Reputation der Markakteure*. Neue Medien wie Smartphones oder Smartwatches ermöglichen den Marktakteuren zeitlich begrenzten Zugang ohne Eigentumsanspruch zu beispielsweise Personenkraftwagen, Wohnungen oder Werkzeug. Darüber hinaus werden Marktakteure durch die neuen Medien dazu befähigt, ihr Eigentum zu geringen *Transaktionskosten* anderen Marktakteuren zeitlich begrenzt zur Verfügung zu stellen. Somit durchlaufen Industrieunternehmen seit Beginn der Digitalen Revolution gezwungenermaßen einen Prozess des Umdenkens. Waren sie einst für die Produktion von Gütern zuständig, lautet die neue Anforderung, Problemlöser für Kunden zu sein.⁴⁰ Möchte man die Sharing Economy systematisieren, sind hierbei insbesondere zwei Ausprägungen relevant:⁴¹

- **Peer-to-Peer (P2P):** Unter *Ausschluss von Intermediären* tauschen, verleihen und vermieten die Privatakteure (*Peers: Gleichgestellte*) untereinander. Dabei stellen Unternehmen hinsichtlich der Produktionsform nicht mehr zwingend die Brücke zwischen Produktion und Konsumption dar. Konsumenten entwickeln sich bei dieser Form der Sharing Economy mitunter selbst zu *Mikroproduzenten von Waren und Dienstleistungen*. Wenn die Peers über diesen Kanal sowohl konsumieren als auch produzieren und ihre Waren und Dienstleistungen anderen Peers anbieten, spricht man von *Prosumenten* beziehungsweise *Prosumtion*.
- **Business-to-Peer (B2P):** Bei diesem Modell tritt ein Unternehmen (Business) als Intermediär auf, welches einer Gruppe von Peers den zeitweisen Zugang zu einer zentralen Ressource gegen Gebühr ermöglicht.

⁴⁰ Vgl. Stampfl (2011, S. 6-29).

⁴¹ Vgl. Capital (2014).

Eine der wohl bekanntesten Formen des Business-to-Peer-Modells stellt in Deutschland das Carsharing dar.

Carsharing

Carsharing bezeichnet im Allgemeinen die Nutzung von Kraftfahrzeugen, die einer unbestimmten Anzahl von Fahrerinnen und Fahrern auf der Grundlage einer Rahmenvereinbarung zur selbstständigen Nutzung nach einem die Energiekosten mit einschließenden Zeit- und/oder Kilometertarif angeboten werden.⁴² Im Fokus dieser Arbeit steht vor allem das sogenannte *Free Floating Carsharing*.⁴³ Free Floating Carsharing-Systeme operieren ohne fixe Stationen und setzen auch keinen Reservierungsprozess im Vorhinein voraus. Nutzer können innerhalb eines definierten Geschäftsgebietes Fahrzeuge flexibel nutzen und abstellen.

⁴² Vgl. CDU/CSU (2013).

⁴³ Vgl. Gossen (2013, S. 26-42).

Die Daimler Tochter *car2go*, welche weltweiter Markführer im Bereich des Free Floating Carsharings ist, stellt zum Beispiel für die Nutzer Hamburgs das in Abbildung sieben dargestellte Geschäftsgebiet zur Verfügung.

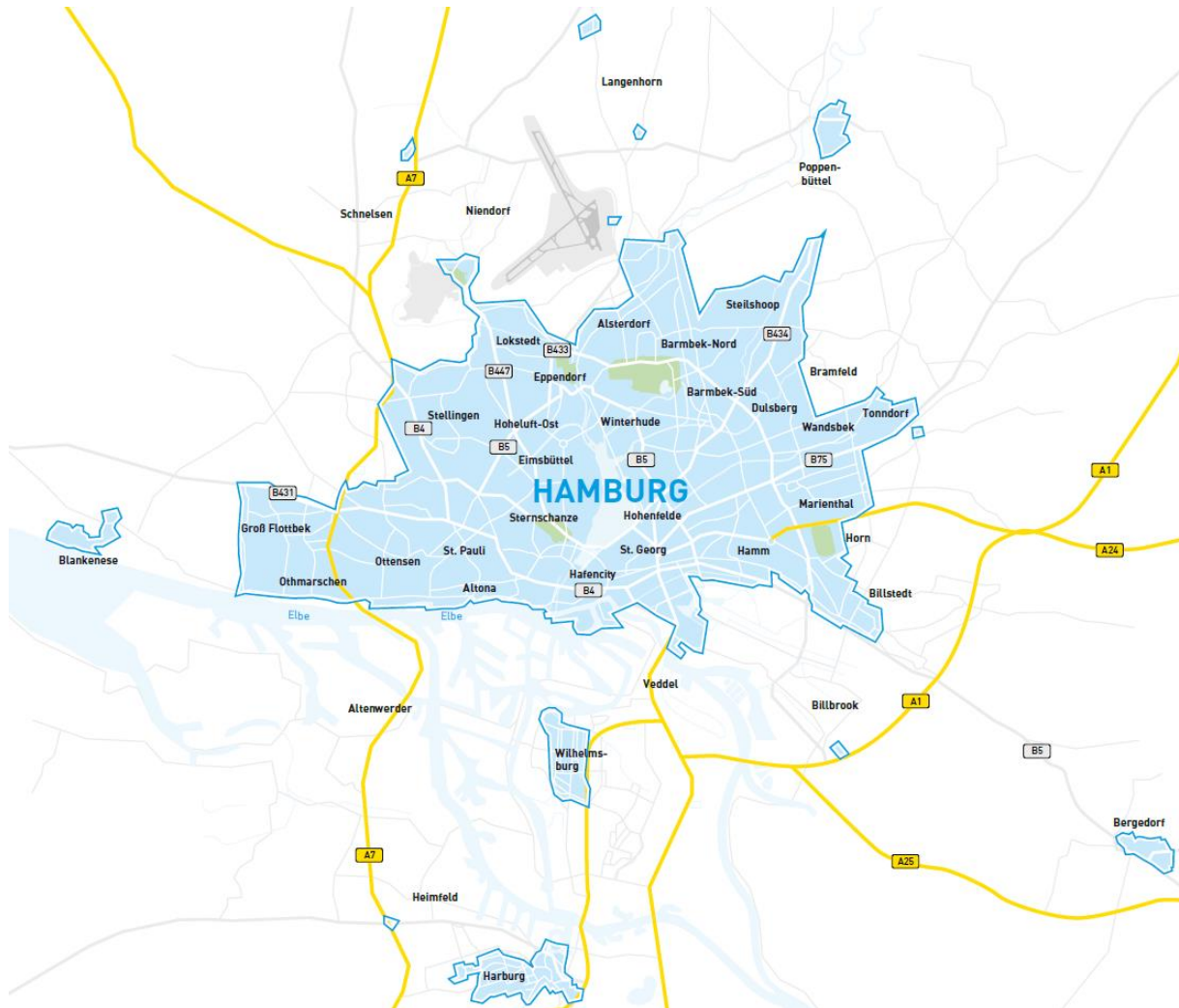


Abbildung 7: car2go Geschäftsgebiet Hamburg
Quelle: car2go (2017a).

Innerhalb von diesem Geschäftsgebiet können die Nutzer flexibel Fahrzeuge an- und abmieten (beziehungsweise abstellen). Carsharing Anbieter wie car2go sorgen für die *Reinigung und Wartung* der Fahrzeuge. Mitglieder können die Fahrzeuge dann per Kundenkarte mit integrierter *RFID-Technologie (Radio-Frequency Identification-Technologie)* oder per Smartphone-App öffnen. Die *Betankung* der Fahrzeuge erfolgt je nach Anbieter über ein im Hintergrund operierendes Team von Mitarbeitern. Einige Anbieter stellen ihre Carsharing-Flotte auch mit Kreditkarten aus, welche Nutzer ausschließlich zur Betankung der Fahrzeuge verwenden können. Im Gegenzug erhalten die Kunden nach eigenständiger Betankung dann *Freiminuten* für künftige Fahrten.

Neben dem Free Floating Carsharing existiert auch das *stationsbasierte Carsharing*. Hierbei können die Nutzer Fahrzeuge an festgelegten Stationen abholen und wieder abstellen. Beide Carsharing-Konzepte gehören der Kategorie des organisierten Carsharings an. Im Vergleich hat das Free Floating Carsharing-Konzept sicherlich den Vorteil, dass es aus Nutzersicht wesentlich flexibler in der Handhabung ist. Das stationsbasierte Carsharing hingegen bietet aus Anbietersicht den Vorteil, dass es bezüglich der Wartung, Betankung und Reinigung einfacher zu handhaben ist als das Free Floating-Modell.

Das Konzept Carsharing verzeichnet in Deutschland (und global) seit Einführung starke Zuwächse. Der *Bundesverband CarSharing* präsentiert hierzu Kennzahlen der Carsharing-Anbieter in Deutschland (siehe Abbildung acht).

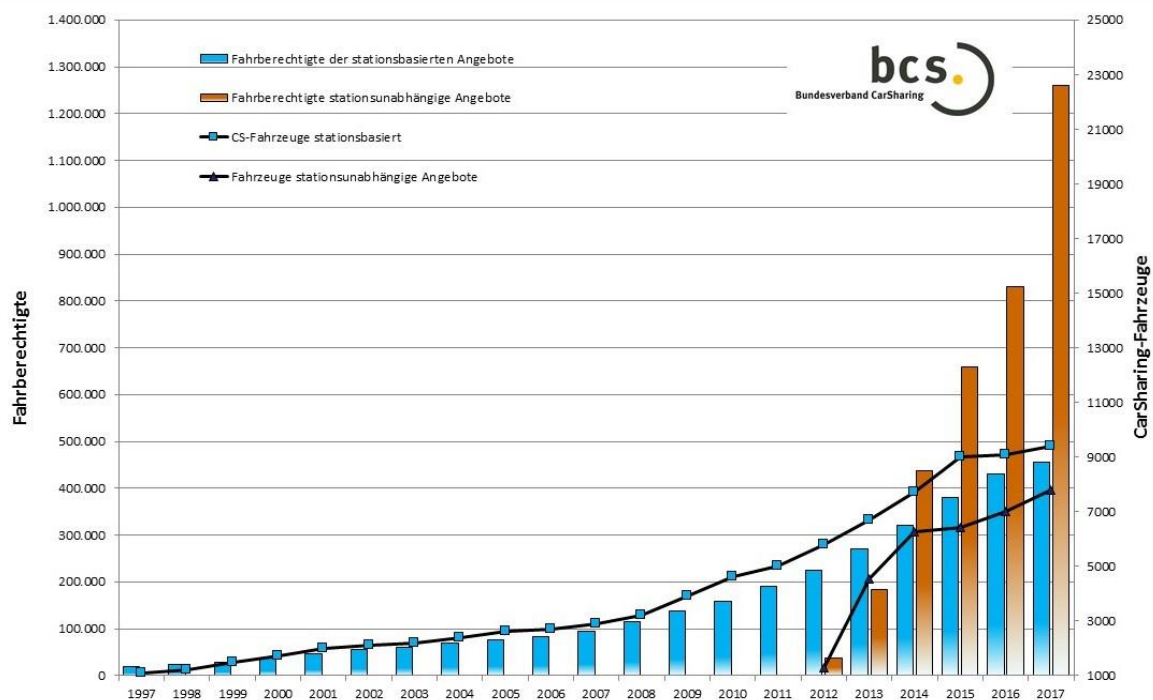


Abbildung 8: Zahl der Fahrberechtigten und Fahrzeuge im deutschen Carsharing-Markt

Quelle: Bundesverband CarSharing (2017).

Die letzte aktualisierte Datenerhebung für diese Übersicht wurde zum Stichtag am 01.01.2017 vorgenommen. 1.715.000 Teilnehmer waren demnach Anfang 2017 bei den etwa 150 deutschen Carsharing Anbietern registriert. Diesen Nutzern standen insgesamt 17.200 Carsharing Fahrzeuge zur Verfügung.

Wie man sieht, verläuft der Zuwachs der Fahrberechtigten für stationsunabhängige Angebote (Free Floating Carsharing) linear, wenn nicht sogar exponentiell. Hingegen erreicht die Anzahl der Fahrzeuge stationsunabhängiger Angebote in den letzten Jahren eine

Sättigungsmenge. Die Kurve folgt einem leichten Aufwärtstrend und tendiert zu einem seitlichen Verlauf. Dies bedeutet in der Schlussfolgerung, dass mehr Carsharing-Nutzer nicht zwingend mit mehr Carsharing-Autos bedient werden müssen. Das Konzept der geteilten Nutzung beinhaltet Nutzergruppen, die verschiedene Nutzungszeiten aufweisen. Somit muss die gesteigerte Nachfrage nach Mobilität nicht zwingend mit einem gesteigerten Fahrzeugangebot einhergehen.

Während das Konzept des Carsharings in Deutschland an Beliebtheit gewinnt, tauchen immer neue Shared Mobility-Konzepte auf und etablieren sich in den verschiedenen Mobilitätsbereichen.

Shared Mobility-Konzepte

Nicht nur der Personenkraftwagen wird für Nutzer immer einfacher zugänglich. Auch Fahrräder werden zunehmend auf Basis von geteilten Konzepten in urbanen Räumen genutzt.⁴⁴ Beim sogenannten *Bikesharing* teilt sich eine Gruppe von Nutzern die Fahrradflotte eines zentralen Anbieters. Per Smartphone kann in der Regel das jeweilige Fahrrad entriegelt und spontan genutzt werden. Die Politik fördert dieses Konzept, um Problemen wie dem Klimawandel und dem zunehmendem Verkehrschaos in Städten entgegenzuwirken. Wie auch beim Carsharing unterscheidet man beim Bikesharing zwischen Free Floating-Modell und dem stationsbasierten Modell.

Darüber hinaus halten die Shared Mobility-Konzepte auch im Bereich der *Logistik* Einzug. Die Daimler Marke *VAN2SHARE* zum Beispiel zeigt auf eindrucksvolle Art und Weise, welches Potential Konzepte des Teilens bereits heute für Unternehmer und deren Unternehmensflotte bereithält.⁴⁵ VAN2SHARE steht für den digitalisierten Transporter und bietet als Kerndienstleistung die Umrüstung von Unternehmenstransportern zu *Smart Vans* an: Ähnlich wie beim Carsharing ermöglicht es die Technologie, Transporterfahrzeuge dann per App zu lokalisieren beziehungsweise zu öffnen. *Flottenmanager* haben sogar die Möglichkeit online ihren Fahrern Fahrzeuge für bestimmte Aufträge zuzuteilen.

Darüber hinaus beinhaltet das VAN2SHARE-Konzept die *Virtual Fleet*, welche zur Bereinigung von Kapazitätsengpässen gedacht ist: Oftmals stoßen Transportunternehmen speziell in der Weihnachtszeit an ihre Kapazitätsgrenzen. Die Auftragslage bedingt zu dieser

⁴⁴ Vgl. Shaheen/Guzman/Zhang (2010, S. 159-167).

⁴⁵ Vgl. VAN2SHARE (2017).

Jahreszeit in aller Regel einen starken Fahrzeugbedarf. Während in dieser Zeit eine Aufstockung der Unternehmensflotte benötigt würde, stehen zu anderen Jahreszeiten Transporter nutzlos auf dem Unternehmensgelände. Es würde also unter Kostengesichtspunkten wenig Sinn ergeben, permanent eine große Transporter-Flotte zu unterhalten.

Für diesen Fall ermöglicht es die Virtual Fleet den VAN2SHARE-Kunden, *spontan* Transporter aus einer zentralen Flotte hinzu zu buchen. Wenn Transportunternehmen freie Kapazitäten in ihrer Transporter-Flotte bemerken, können sie mit Hilfe der Virtual Fleet auch ein zusätzliches Einkommen generieren, indem Sie anderen VAN2SHARE-Kunden ihre Transporter zeitweise zur Verfügung stellen (Peer-to-Peer).

Die beschriebenen Anwendungsfälle können zu sehr geringen Transaktionskosten stattfinden, da keine Schlüsselübergabe mehr nötig ist. Der *virtuelle Schlüssel* erlaubt Flottenmanagern eine hohe Flexibilität beim Einsatz von Fahrern und gesteigerte Transparenz.

Der Technologie-Impuls Shared Mobility hat bereits in den verschiedensten Bereichen der Mobilität Neuerungen hervorgebracht. Speziell der Bereich Carsharing ist jedoch heute mit noch einigen Problemen behaftet, welche im nachfolgenden Unterabschnittspunkt besprochen werden sollen.

2.3.2 Problemfeld Shared Mobility

Der Themenkomplex Shared Mobility ist ein sehr weit gefasster. Natürlich gibt es neben Carsharing, Bikessharing und den Shared City Logistics auch noch weitere Themenfelder, die hier mit dazu zählen. Ähnlich verhält es sich mit dem Problemfeld Shared Mobility: Die bestehenden Herausforderungen innerhalb dieses Themenkomplexes sind sehr verschiedenartig und würden bei entsprechender Darstellung den Rahmen dieser Dissertation sprengen. Da der Fokus dieser Arbeit auf den Carsharing-Systemen liegt sollen in diesem Unterabschnittspunkt die Probleme des Carsharing-Konzeptes besprochen werden. Das Konzept Carsharing sieht sich heutzutage mit den folgenden Problemen konfrontiert: Mangelnde Verfügbarkeit und Relokationsproblematik, ein unzureichendes Produktportfolio und geringe Auslastung der Fahrzeuge.

Mangelnde Verfügbarkeit und Relokationsproblematik

Wirft man noch einmal einen Blick auf Abbildung sieben, kann man sich sehr gut vorstellen,

wie sich eine begrenzt große Flotte eines Carsharing-Anbieters innerhalb dieses Geschäftsgebietes verteilt. Dies bedeutet aus Nutzersicht, dass ein Carsharing-Fahrzeug immer nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in der Nähe zur Verfügung steht. Auf Grund dieses Umstands kann es vorkommen, dass Kunden von Free Floating Carsharing-Anbietern zwar gerne ein Carsharing-Fahrzeug anmieten möchten, jedoch keines in der näheren Umgebung vorhanden ist – in Fachkreisen spricht man bei diesem Phänomen von *mangelnder Verfügbarkeit*.

Wie diese mangelnde Verfügbarkeit aus Sicht des Nutzers aussieht, zeigt die Dokumentation eines car2go-Nutzers in Abbildung neun.

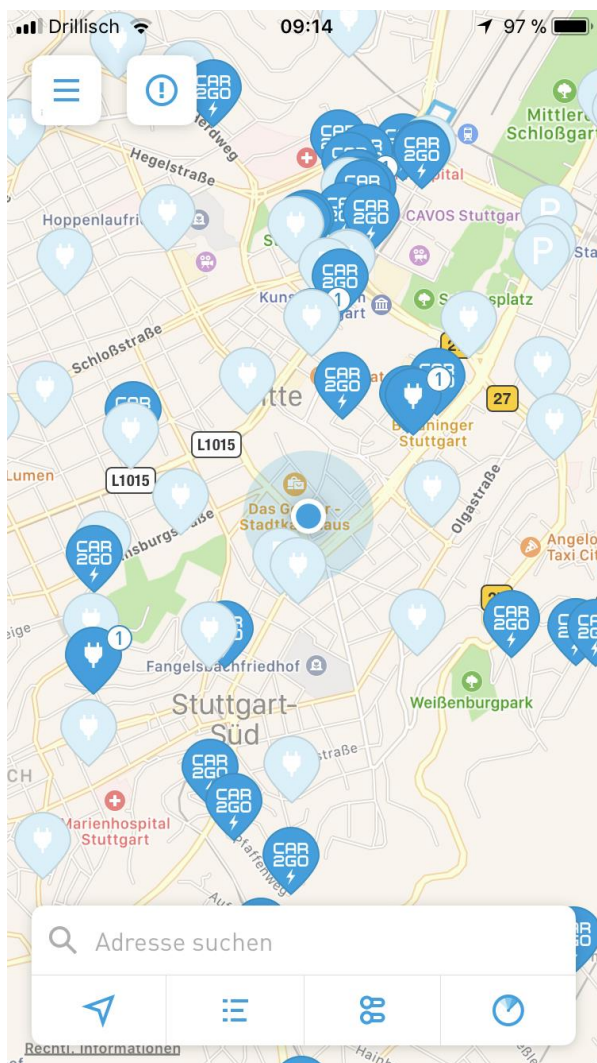


Abbildung 9: Mangelnde Verfügbarkeit von Carsharing-Fahrzeugen (car2go)
Quelle: Apple (2017).

Der car2go-Nutzer zeigt hier, wie er (seine GPS Position ist durch den hellblauen Kreis gekennzeichnet) weite Strecken auf sich nehmen müsste, um zum nächsten car2go-Fahrzeug (hellblaue Fahrzeugmarkierungen) zu gelangen. Die blassen Ortsmarkierungen stehen für

unbesetzte Ladestationen (Stromstecker) und unbesetzte Parkplätze des Carsharing-Anbieters („P“).

Andreas Leo, Pressesprecher von car2go, beschreibt diese Situation als äußerst gefährlich für ein Carsharing-Unternehmen. Die Kunden akzeptieren den Zustand der mangelnden Verfügbarkeit geschätzt zwei- bis dreimal in Folge. Beim vierten Mal aber distanzieren sie sich vom Angebot des Carsharing-Unternehmens.⁴⁶ Konkret trat die Problematik beim dreijährigen car2go-Pilotversuch in Ulm auf. Nachdem im Frühjahr 2009 dort 200 smarts abgeladen wurden, weitete man nach guter Resonanz das Geschäftsgebiet um ein Drittel aus – allerdings ohne ein einziges zusätzliches Fahrzeug auf die Straße zu bringen. In der Folge verteilten sich die Autos in der Peripherie, und in der Innenstadt war kaum noch ein freies Fahrzeug zu bekommen. Problematisch ist es auch, wenn die Kunden nachmittags von der Innenstadt in die *Satelliten* (siehe Abbildung sieben) fahren, aber niemand von dort zurück in die City fährt.

Clemens Kraus, Data Scientist bei car2go, setzt sich speziell mit dieser Problematik auseinander.⁴⁷ Auf Grundlage von historischen car2go-Daten werden täglich gezielt Autos von Orten mit niedriger Nachfrage (grüner Bereich auf der Karte) in Orte mit hoher Nachfrage (roter Bereich auf der Karte) gefahren (siehe hierzu Abbildung zehn). Dieser Prozess wird als *Relokation* bezeichnet.

⁴⁶ Vgl. Zeit Online (2012).

⁴⁷ Vgl. car2go (2017b).

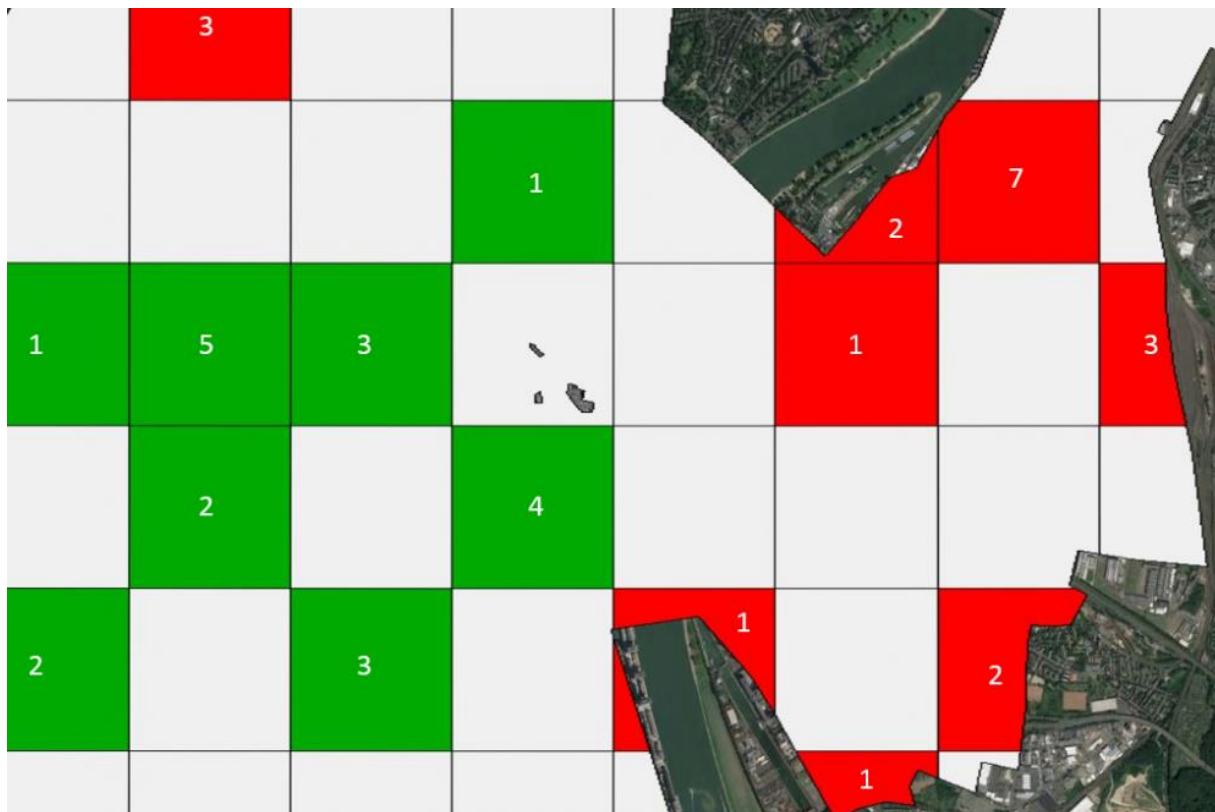


Abbildung 10: Relokationslogik bei car2go

Quelle: car2go (2017b).

Bei der Relokation geht es vor allem darum, die Nachfrage möglichst genau abzuschätzen – hierfür verwendet car2go einen relativ komplexen *Algorithmus*, in den neben historischen Daten auch externe Informationen wie Events oder das Wetter eingespeist werden. Es bleibt festzuhalten, dass die Relokation im heutigen Stadium auf Bereiche (und keine einzelnen Kunden) zugeschnitten ist. Somit muss der Kunde selbst im Idealfall, also wenn ein verfügbares Fahrzeug in der Nähe ist, immer eine bestimmte Wegstrecke zu diesem Fahrzeug zurücklegen.

Neben der Relokationsproblematik beziehungsweise dem Problem der mangelnden Verfügbarkeit sind Carsharing-Nutzer in bestimmten Fällen mit einem unzureichenden Produktportfolio der Carsharing-Anbieter konfrontiert.

Unzureichendes Produktportfolio

Erst im Sommer vergangenen Jahres erweiterte car2go die Berliner Flotte, welche bislang aus *Zweisitzer-Pkws* (smarts) bestand, um *Fünfsitzer-Pkws* der Marke Mercedes-Benz.⁴⁸ Seither stehen den Berliner Nutzern neben den smarts 300 Mercedes-Benz-Fahrzeuge vom Typ A-

⁴⁸ Vgl. car2go (2016).

Klasse, B-Klasse, GLA und CLA für die spontane Anmietung zur Verfügung.

Begründet wurde die Erweiterung des Produktportfolios vom Geschäftsführer Roland Keppler folgendermaßen: Umfragen ergaben, dass die Carsharing-Nutzer ein zunehmendes Bedürfnis nach größeren Fahrzeugen mit mehr als zwei Sitzen für verschiedenste Anlässe haben. Dies bedeutet konkret, dass die Nutzerbedürfnisse mit Zweisitzer-Pkws nicht länger abgedeckt werden konnten.

Mit Blick auf den vorangegangenen Unterabschnittspunkt verschärft ein unzureichendes Produktportfolio die Problematik der mangelnden Verfügbarkeit beziehungsweise die Relokationsproblematik. Die Nutzungsmotive von Carsharing-Angeboten sind von Fall zu Fall divers. Somit ist die Nachfrage nach einer bestimmten Fahrzeuggröße auch jedes Mal anders mitunter. Das heißt in der Schlussfolgerung, dass bei der Relokation der Fahrzeuge auch die Fahrzeuggröße mit einbezogen werden muss. Dies erweitert die Komplexität des Relokationsprozesses und erschwert es Carsharing-Anbietern, ihren Kunden immer ein passendes Fahrzeug zur Verfügung zu stellen.

Welche Folgen die mangelnde Verfügbarkeit und ein unzureichendes Produktportfolio hinsichtlich der Nutzungsintensität haben, zeigt der nächste Unterabschnittspunkt.

Geringe Auslastung der Carsharing-Flotte

Man könnte intuitiv annehmen, dass ein Gut, das von mehreren Personen geteilt wird, häufiger genutzt wird als ein Gut in privatem und exklusivem Besitz. Beim Carsharing in Deutschland ist dies heutzutage jedoch (noch) nicht der Fall.⁴⁹ Die Management-Beratung civity hat hierzu eine umfassende Studie durchgeführt und ist zu dem Ergebnis gekommen: Autos der Carsharing-Anbieter *DriveNow*, *car2go* oder *Multicity* werden in Berlin im Schnitt pro Tag gerade nur eine Stunde bewegt – das unterscheidet sich kaum von der täglichen Bewegungsdauer eines privaten Pkws. Da private Fahrzeuge häufig als „Stehzeuge“ kritisiert werden, stellt sich die Frage, ob Carsharing-Konzepte denn diesbezüglich eine echte Verbesserung darstellen. Kritiker des Carsharing-Konzeptes weisen darauf hin, dass die neuen Mobilitätsangebote potentielle Nutzer sogar zum Autofahren animieren und das urbane Verkehrschaos sich insgesamt dadurch noch verschärft.

⁴⁹ Vgl. civity (2017).

Kerprobleme des Carsharings

Zusammenfassend lassen sich die folgenden Kernprobleme des Konzeptes Carsharing als Teil der Shared Mobility benennen:

- Mangelnde Verfügbarkeit der Carsharing-Fahrzeuge auf Grund von begrenzter Flottengröße
- Relokationsproblematik, durch die der Nutzer (teils weite) Wegstrecken zum Fahrzeug zurücklegen muss
- Unzureichendes Produktportfolio der Carsharing-Anbieter, welches die mangelnde Verfügbarkeit intensiviert
- Geringe Auslastung der Carsharing-Flotten auf Grund der oben genannten Punkte

Nachdem der Megatrend Shared Mobility nun eingehend am Beispiel des Carsharings beleuchtet wurde, wird im folgenden Abschnitt eine Entwicklung beschrieben, die sich mit dem Aufkommen der globalen Klimadiskussion stetig intensiviert hat – die Rede ist vom Megatrend des *Electric Cars*.

2.4 Electric Car

Das Electric Car (zu Deutsch: Elektrofahrzeug) steht im Akronym CASE an vierter Stelle mit dem Buchstaben „E“. Das Electric Car ist übergreifend der Elektromobilität zuzuordnen und diese ist folgendermaßen definiert:⁵⁰ Im engeren Sinne beschreibt Elektromobilität den elektrisch angetriebenen Individualverkehr (typischer Weise auf der Straße). Die komplett oder teilweise elektrisch angetriebenen Fahrzeuge für diesen Individualverkehr werden Elektrofahrzeuge (Electric Cars) genannt. Im weiteren Sinne versteht man unter Elektromobilität auch die Einbindung von Elektrofahrzeugen in Energie- und Verkehrssysteme. Ein eindeutiges Beispiel für ein Elektrofahrzeug und entsprechend für Elektromobilität stellt das reine Batteriefahrzeug in Form eines Personenkraftwagens dar. Dieses verfügt über eine große Batterie als Speicher und wird ausschließlich von einem Elektromotor bewegt. Auch elektrische Motorboote und elektrische Rollstühle sind im engeren Sinne eine Form von Elektromobilität und zählen ebenso zum elektrisch angetriebenen Individualverkehr. Demgegenüber sind Straßenbahnen und elektrisch

⁵⁰ Vgl. Dallinger et al. (2011, S. 6-7).

angetriebene Züge keine Form der Elektromobilität. Sie fahren zwar rein elektrisch, gehören aber nicht zum Individualverkehr. Im Rahmen dieser Arbeit liegt der Fokus auf den Elektrofahrzeugen, welche für den individuellen Personenverkehr genutzt werden.

Nachfolgend soll zunächst der Technologie-Impuls Electric Car näher betrachtet werden.

2.4.1 Technologie-Impuls Electric Car

Der Technologie-Impuls Electric Car stellt keine Neuheit im Automobilmarkt dar. Jedoch wurden Elektrofahrzeuge und deren Technologie auf Grund der globalen Emissionsproblematik in den letzten Jahren politisch zunehmend gefördert. Die politischen Rahmenbedingungen wurden dahingehend angepasst, dass die Wirtschaftsakteure aus der Automobilbranche das elektrisch betriebene Fahrzeug gezwungenermaßen zunehmend im Mittelpunkt ihrer Arbeit sehen. Neben dieser Entwicklung versprechen *induktive Ladesysteme* eine große Potentialentfaltung. Sowohl die Emissionsproblematik als zentraler Treiber der Elektromobilität als auch speziell die induktiven Ladesysteme sollen in diesem Unterabschnittspunkt besprochen werden. Dem gegenüber stehen die Probleme, welche Elektrofahrzeuge heute noch mit sich bringen – sie sollen im darauffolgenden Unterabschnittspunkt besprochen werden.

Emissionsreduktion durch Elektrofahrzeuge

Wenn die ambitionierten Klimaschutzziele erreicht werden sollen, muss der Verkehrssektor seine Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren.⁵¹ Dies belegen umfangreiche Studien der *International Energy Agency (IEA)*.⁵² Eine besondere Herausforderung hierbei ist das starke Wachstum der Verkehrsleistung, welche auch bedingt ist durch die wirtschaftliche Entwicklung in den *BRICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika)*. Darüber hinaus sorgt die weltweite Zunahme der Bevölkerung für immer mehr Individualverkehr. Für das Jahr 2050 wird erwartet, dass die Erdbevölkerung auf zehn Milliarden Menschen ansteigt.

Sofern das *Zwei-Grad-Ziel* der Vereinten Nationen noch erreicht werden soll, müssen die *CO₂-Emissionen* von Pkws auf *20 Gramm pro Kilometer* bis zum Jahr 2050 gesenkt werden. Mit benzin- und dieselpetriebenen Personenkraftwagen ist solch ein Wert auf Grund des

⁵¹ Vgl. Dallinger et al. (2011, S. 8-10).

⁵² Vgl. International Energy Agency (2010).

Carnot-Wirkungsgrades technisch nicht erreichbar.⁵³ Deshalb kommen Studien einstimmig zu dem Schluss, dass der motorisierte Individualverkehr langfristig auf Elektrofahrzeuge umgestellt werden muss.

Eine positive Treibhausgasbilanz kann auch mit der Elektromobilität nur dann erreicht werden, wenn CO₂-arme beziehungsweise -freie Energiequellen (erneuerbare Energien) verwendet werden. Um die genauen Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen abschätzen zu können, müssen streng genommen auch der Rohstoffverbrauch bei der Herstellung sowie die externen Effekte durch die Herstellung, Nutzung und Entsorgung mit einbezogen werden. Nur so werden alle potentiell entstehenden Umweltbeiträge erfasst. Es gilt zu beachten, dass Elektrofahrzeuge in der Herstellungsphase im Vergleich zum Verbrennerfahrzeug einen besonders negativen *Umweltbeitrag* leisten. In den Komponenten des Batteriesystems und des Elektromotors werden zunehmend *seltene Werkstoffe* und High-Tech-Materialien mit hohen negativen Umweltbeiträgen hinsichtlich des Rohstoffabbaus und der Aufbereitung eingesetzt. Obwohl Elektrofahrzeuge einen wichtigen Beitrag zur Emissionsreduktion leisten, sind sie bezogen auf die gesamte Umweltbilanz problematisch zu sehen.

Heutzutage ist der Transportsektor für rund ein Viertel der europäischen Treibhausgasemissionen verantwortlich und somit entscheidender Treiber des globalen Klimawandels.⁵⁴ Europäische Städte leiden zunehmend unter schlechter Luftqualität, die durch den City-Verkehr bedingt ist. Gesetzte Standards der *Europäischen Union (EU)* und der *World Health Organization (WHO)* hinsichtlich der Luftqualität in Städten können so oftmals nicht eingehalten werden. Darüber hinaus stellt der Transportsektor in Europa die Primärquelle für Lärmbelästigung dar. Diese kann gesundheitliche Folgen nach sich ziehen.

In der Reaktion hierauf hat sich die Europäische Union darauf verständigt, eine nachhaltigere Wirtschaft anzustreben, die ein CO₂-armes Transportsystem beinhaltet. Konkret bedeutet dies für die Automobilbranche:⁵⁵ Bis zum Jahr 2020 muss der CO₂-Ausstoß verkaufter Pkws auf durchschnittlich *95 Gramm pro Kilometer* gesenkt werden. Die Automobilbranche hat in diesem Zusammenhang natürlich die Möglichkeit, die Produktion und den Verkauf von Fahrzeugen mit hohen CO₂-Werten durch die Herstellung und den Vertrieb von reinen

⁵³ Heutzutage liegen die CO₂-Emissionen benzinbetriebener Pkws bei durchschnittlich 150 Gramm pro Kilometer.

⁵⁴ Vgl. European Environment Agency (2016).

⁵⁵ Vgl. BMUB (2009).

Elektrofahrzeugen auszugleichen. Im Durchschnitt muss lediglich ein 95 Gramm CO₂-Ausstoß pro Kilometer oder weniger erreicht werden. Bei Nichteinhaltung werden Automobilhersteller mit Strafen beziehungsweise Strafzahlungen seitens der Europäischen Union belastet. In der Folge setzen immer mehr Automobilhersteller im europäischen Raum auf Elektrofahrzeuge.

Eine besonders vielversprechende Neuerung in diesem Feld stellen die *induktiven Ladesysteme* dar.

Induktive Ladesysteme

Heutzutage setzen Elektrofahrzeuge in aller Regel auf *kabelgebundene Ladesysteme*. Dies ist sehr umständlich für den Nutzer von Elektro- beziehungsweise *Hybridfahrzeugen*. Nach dem Aufsuchen einer *Ladesäule* muss der Fahrer sich per *Chipkarte* (mit integrierter RFID-Technologie zum Beispiel) an der Ladesäule identifizieren. Nachdem der Fahrer und das hinterlegte Benutzerkonto durch das System erkannt wurden, öffnet sich in aller Regel eine Klappe an der Ladesäule. Dies befähigt den Fahrer dazu, das eine Ende seines mitgeführten Ladekabels an die Ladesäule und das andere Ende an sein Fahrzeug anzuschließen. Alternativ kann der Ladevorgang zum Beispiel auch über einen häuslichen Stromzugang vorgenommen werden.

Den Prozess des kabelgebundenen Ladevorgangs veranschaulicht Abbildung elf.



Abbildung 11: Kabelgebundener Ladeprozess beim Elektrofahrzeug

Quelle: Daimler (2016).

Eine fundamentale Alternative zum kabelgebundenen Laden von Elektro- beziehungsweise Hybridfahrzeugen stellen induktive Ladesysteme dar.⁵⁶ Technisch möglich wäre grundsätzlich auch die *mobile (dynamische) Induktion* zum Laden eines sich bewegenden Elektrofahrzeuges. Transportsysteme im industriellen Einsatz nutzen bereits diese Variante. Darüber hinaus wird die mobile Induktion aktuell auch an schienengebundenen Fahrzeugen erprobt.⁵⁷ Für ein flächendeckendes System wären allerdings massive Investitionen in die Nachrüstung bestehender Straßen mit *Sendespulen* vonnöten. Induktive Ladesysteme werden daher im ersten Schritt bezüglich der Elektromobilität nur als stationäre Varianten realistisch sein.

⁵⁶ Vgl. BMUB (2017).

⁵⁷ Vgl. Becker/Ledwon (2010, S. 10-13).

Abbildung zwölf veranschaulicht den Ladevorgang beim induktiven Laden.

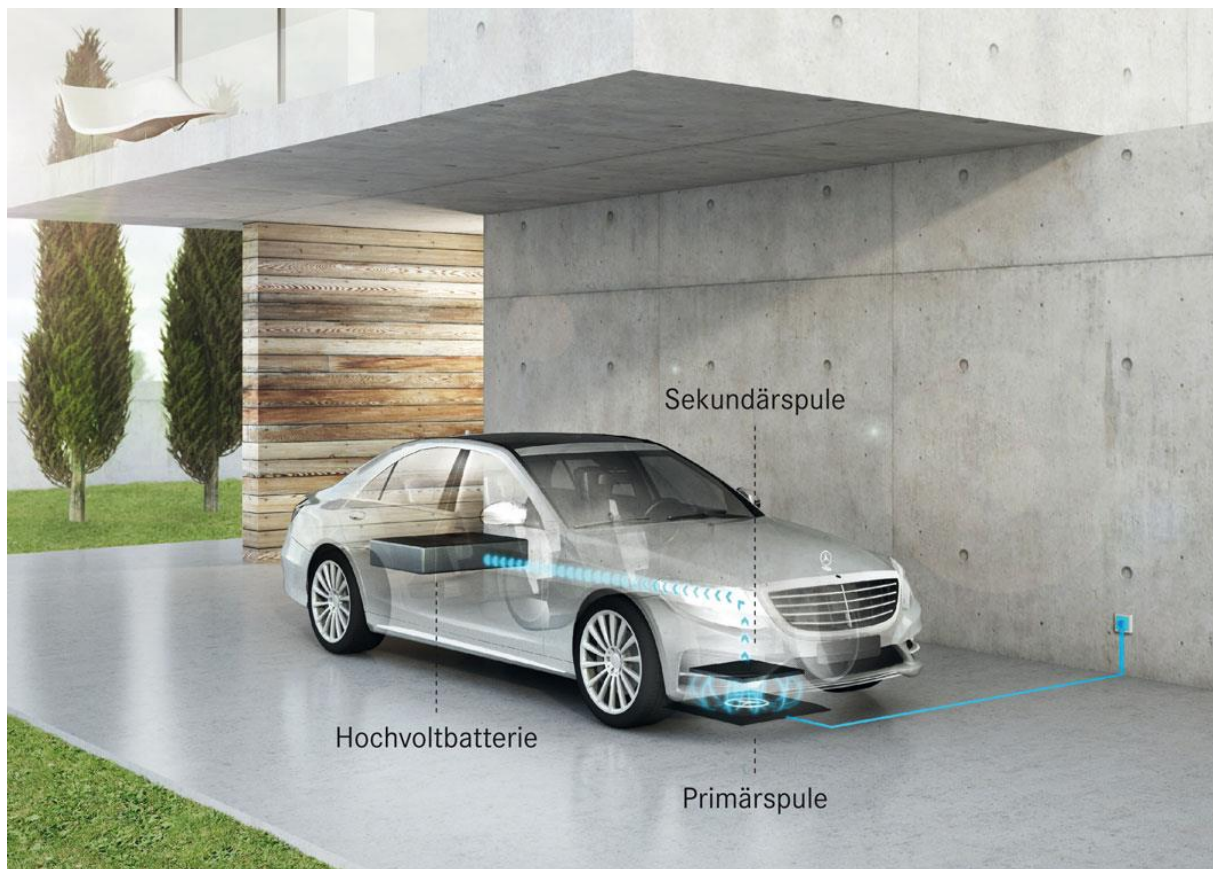


Abbildung 12: Induktiver Ladevorgang beim Mercedes-Benz S 500 Plug-in-Hybrid

Quelle: Mercedes-Benz (2014).

Das induktive Ladesystem besteht in dieser Abbildung aus zwei Komponenten. Eine *Sekundärspule* im Fahrzeugboden sowie eine Bodenplatte mit integrierter *Primärspule*, die unterhalb des Fahrzeuges auf dem Boden platziert wird. Die elektrische Energie wird berührungslos übertragen.

Die Vorteile des induktiven Ladens gegenüber dem kabelgebundenen Laden sind vielfältig. Herumliegende Kabel, die zur Stolperfalle werden können, sind ausgeschlossen. Neben ästhetischen Vorteilen besteht auch eine geringere Vandalismus Gefahr. Es ist mit einer gesteigerten Kundenakzeptanz zu rechnen, da kein Kabel in die Hand genommen und angeschlossen werden muss.

Das Elektrofahrzeug stellt in der heutigen Zeit die wohl vielversprechendste Alternative zum Verbrennerfahrzeug dar. Jedoch schrecken noch viele potentielle Kunden von Elektrofahrzeugen vor einem eventuellen Kauf eines Elektrofahrzeuges zurück – Grund hierfür sind die vielfältigen ungelösten Probleme des Elektrofahrzeuges.

2.4.2 Problemfeld Electric Car

Unter allen bisher beschriebenen Technologie-Impulsen weisen die Elektrofahrzeuge die wohl facettenreichsten Probleme auf. Zu nennen sind diesbezüglich: Mangelnde Wettbewerbsfähigkeit hinsichtlich der Anschaffungskosten, die geringe Reichweite der Elektrofahrzeuge, unzureichende Ladeinfrastruktur, eine geringe Marktdurchdringung und die Aussicht auf eine *Stromnetzüberlastung* bei gesteigerter Marktdurchdringung.

Mangelnde Wettbewerbsfähigkeit hinsichtlich der Anschaffungskosten

Die Schlüsseltechnologie für jedes Elektrofahrzeug und gleichzeitig der größte Kostenpunkt ist in jedem Elektrofahrzeug die verbaute *Lithium-Ionen-Batterie*.⁵⁸ Um eine hohe Marktdurchdringung zu erreichen, müssen die Kosten dieser Lithium-Ionen-Batterie ungefähr um den Faktor drei auf *200 bis 300 Euro pro Kilowattstunde* gesenkt werden. Darüber hinaus müsste auch die *Lebensdauer* von sieben auf mehr als *zehn Jahre* erhöht werden.

Solange die Kosten für Lithium-Ionen-Batterien nicht drastisch gesenkt werden können, kann das Elektrofahrzeug hinsichtlich der Anschaffungskosten nicht mit dem Verbrennerfahrzeug konkurrieren.

⁵⁸ Vgl. Dallinger et al. (2011, S. 13-14).

Abbildung 13 veranschaulicht in diesem Zusammenhang einen Kostenvergleich des *Allgemeinen Deutschen Automobil-Clubs (ADAC)* von Elektrofahrzeugen und konventionellen Modellen.

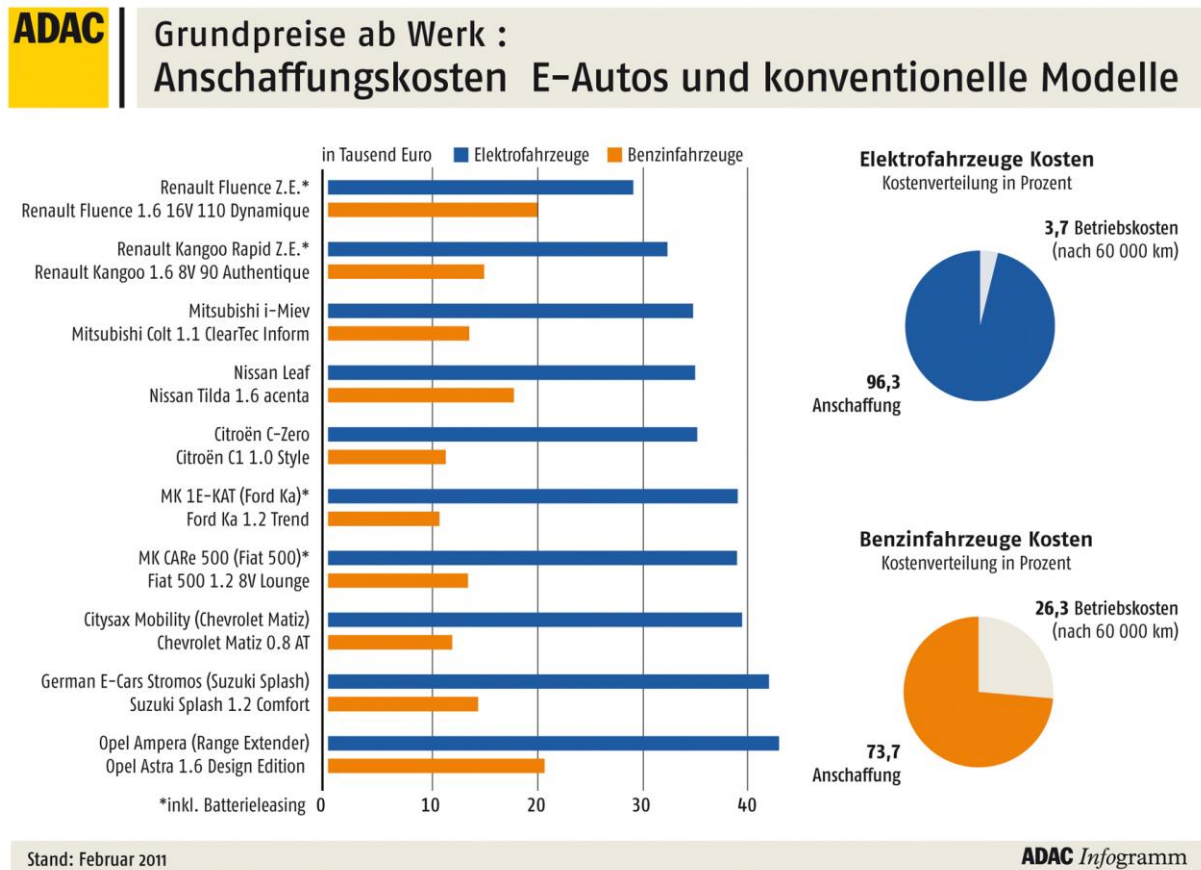


Abbildung 13: Kostenvergleich von Elektrofahrzeugen und konventionellen Modellen

Quelle: Heise (2011).

Bei den Anschaffungskosten schneiden die Elektrofahrzeuge hier immer wesentlich schlechter ab als Benzinfahrzeuge. Es ist jedoch anzumerken, dass bei Benzinfahrzeugen die Betriebskosten auch wesentlich mehr ins Gewicht fallen als bei Elektrofahrzeugen.

Neben diesem Gesichtspunkt schreckt potentielle Käufer von Elektrofahrzeugen deren geringe Reichweite häufig ab.

Geringe Reichweite von Elektrofahrzeugen

Eine Befragung des *Instituts für sozial-ökologische Forschung* hat ergeben: Potentielle Käufer von Elektrofahrzeugen halten die als gering erlebten Reichweiten von Elektrofahrzeugen für ein großes Handicap.⁵⁹ Hierbei werden vor allem Befürchtungen hinsichtlich spontan

⁵⁹ Vgl. Götz et al. (2012, S. 11-16).

notwendiger Fahrten ausgelöst. Im Umkehrschluss steigt bei einer durchgeführten Szenariobefragung der allgemeine Nutzen für die Befragten mit steigender Reichweite.⁶⁰ Die Non-Profit Organisation *World Wide Fund For Nature (WWF)* spricht von einer weit verbreiteten *Reichweitenangst*, die nur durch eine *erhöhte Energiedichte* in den Lithium-Ionen-Batterien gelöst werden kann.⁶¹ Die Energiedichte gibt an, wie viel Energie je Gewicht und Volumen in der Batterie gespeichert ist. Um eine Vorstellung von der bisherigen Entwicklung zu bekommen: Im Jahr 2008 lag die Energiedichte für Elektroautos bei *60 Wattstunden pro Liter*. 2015 wurde bereits eine Energiedichte von *295 Wattstunden pro Liter* erreicht – eine Verbesserung um rund 400 Prozent.

Konventionelle Fahrzeuge können problemlos *400 Kilometer* zurücklegen und der Tank kann in wenigen Minuten aufgefüllt werden.⁶² Selbst bei günstigen Außentemperaturen kommen die meisten Elektrofahrzeuge nicht einmal *200 Kilometer* weit und benötigen wesentlich mehr Zeit für die Aufladung. Dieser Umstand fällt für Elektrofahrzeuge besonders negativ ins Gewicht, wenn ein Vergleich bezogen auf die Reisetauglichkeit stattfindet.

Neben der bislang geringen Reichweite wird eine unzureichende Ladeinfrastruktur immer wieder als problematisch in Bezug auf Elektrofahrzeuge bemängelt.

Unzureichende Ladeinfrastruktur

Die *geringe Dichte an Ladesäulen in Deutschland* stellt einen der Gründe dar, warum der Absatz von Elektrofahrzeugen noch gering ist.⁶³ Ein Großteil der Ladesäulen befindet sich aktuell in Ballungsgebieten wie dem Ruhrgebiet und Berlin. In Berlin zum Beispiel wurde die Verbreitung der Ladesäulen vor allem durch eine Initiative der Bundesregierung mit dem Namen *Schaufenster Elektromobilität* vorangetrieben. Ein zügiger Ausbau der Ladeinfrastruktur wird durch den Verwaltungsapparat in Deutschland erheblich erschwert. Für diverse Standorte gibt es oftmals unterschiedliche Ämter, welche für Genehmigungen zuständig sind. Die unterschiedlichen Kompetenzebenen führen dazu, dass viele Anträge sowohl in der Antragstellung als auch in der Genehmigung durch das zuständige Amt unnötig

⁶⁰ Vgl. Götz et al. (2012, S. 31-35).

⁶¹ Vgl. Kriener/Simons (2017, S. 14-16).

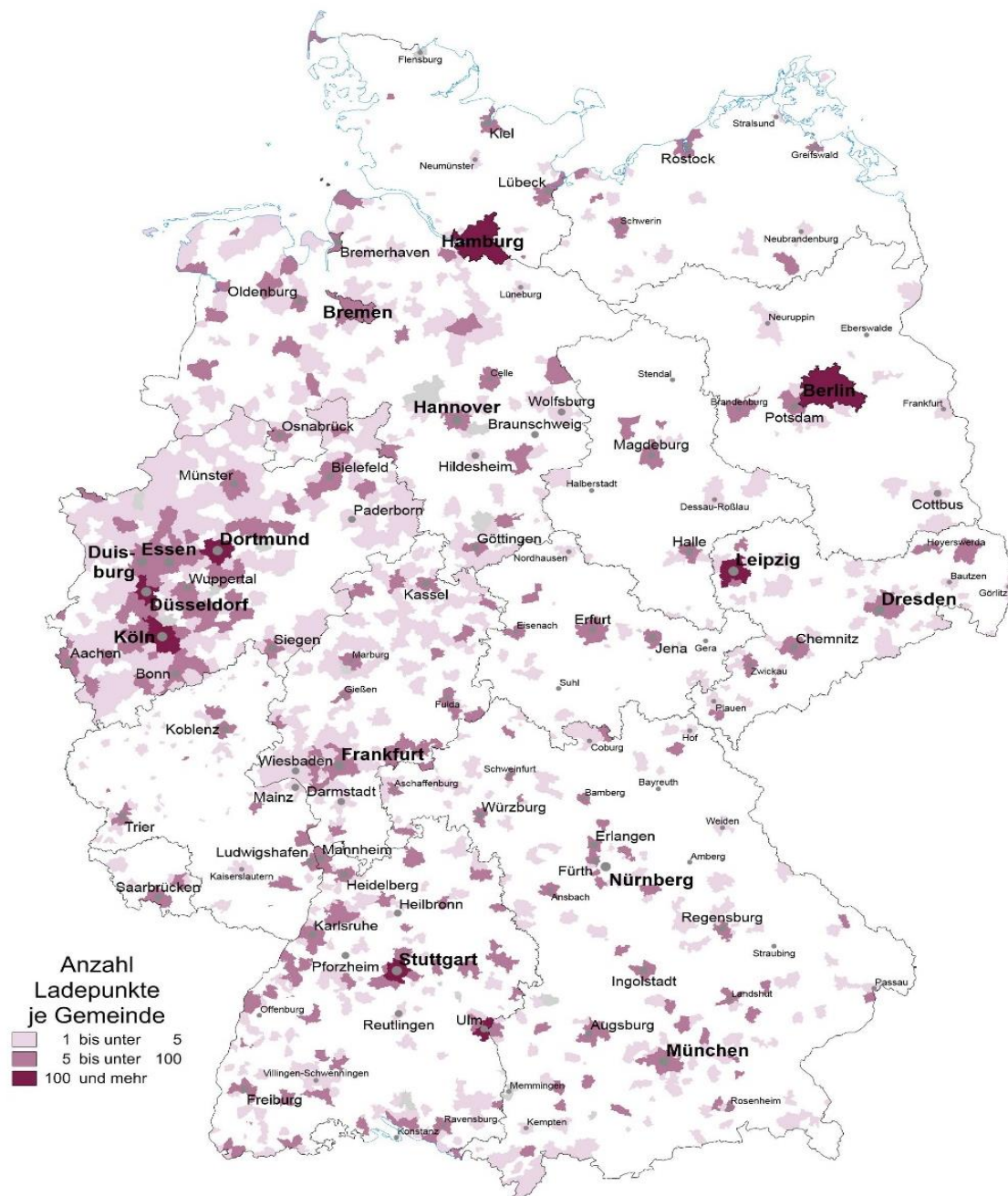
⁶² Vgl. Hars (2014b, S. 1-3).

⁶³ Vgl. Hose et al. (2015, S. 17-19).

verzögert werden.⁶⁴

Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse einer Erhebung des *Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)* aus dem Jahr 2016. Zu sehen ist, dass die öffentlich zugänglichen Ladepunkte für Elektroautos in Deutschland bisher vor allem der städtischen Bevölkerung zugutekommen. Kleinere Orte und die ländliche Region sind von der Ladeinfrastruktur bislang gänzlich abgeschnitten.

⁶⁴ Vgl. Spiegel Online (2014).



Stand: 31.12.2016

Abbildung 14: Öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektroautos in Deutschland

Quelle: BDEW (2017).

Die Ergebnisse einer Befragung überraschen also nicht: Die Ladeinfrastruktur wird in Deutschland als mangelhaft beziehungsweise nicht existent wahrgenommen.⁶⁵ In der Folge betankt die Mehrheit der Fahrer von Elektrofahrzeugen ihr Auto zu Hause oder auf dem Betriebsgelände mit Strom.⁶⁶ Dies hat vor allem Gründe des Komforts. Das Laden in der heimischen Garage beziehungsweise auf dem eigenen Stellplatz während der Nachtstunden ist

⁶⁵ Vgl. Götz et al. (2012, S. 11-16).

⁶⁶ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2015).

bequem für den Nutzer. Selbiges gilt für den Stellplatz beim Arbeitsplatz. Darüber hinaus vergehen während des Schlafens und während der Arbeitszeit in der Regel viele Stunden. Dem Elektrofahrzeug wird also genügend Zeit gelassen, um gänzlich aufzuladen.

Da Elektrofahrzeuge in der Anschaffung zu hohe Kosten gegenüber Verbrennerfahrzeugen realisieren, eine noch zu geringe Reichweite bereitstellen und auf ein lückenhaftes Ladeinfrastruktur-Netz in Deutschland treffen, hat sich bisher keine nennenswerte Marktdurchdringung ergeben.

Geringe Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge

Es lässt sich sagen, dass in Deutschland die Marktdurchdringung hinsichtlich des Absatzes von Elektrofahrzeugen gering ist. Diese Aussage, die vorerst eine Behauptung darstellt, ist im Hinblick auf die getätigten Aussagen der Bundesregierung eine Tatsache.⁶⁷ Demnach lautete das Ziel der Bundesregierung, dass *bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge* auf Deutschlands Straßen im Einsatz sein sollen. *Bis zum Jahr 2030 könnten es sogar sechs Millionen Elektrofahrzeuge* sein. Dabei setzt die Bundesregierung auf Anreize wie die Befreiung von der *Kraftfahrzeugsteuer (Kfz-Steuer)* oder Verbesserungen bei der Dienstwagenbesteuerung. Zudem stehen Fördermittel in Höhe von 180 Millionen Euro für den Ausbau der Elektromobilität in Deutschland zur Verfügung.

Das Ziel der Bundesregierung bis zum Jahr 2020, eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu etablieren, scheint unrealistisch bis verfehlt, wenn man bedenkt, dass Anfang des Jahres 2017 in Deutschland gerade einmal 34.022 Elektrofahrzeuge zugelassen waren.⁶⁸ Selbst wenn man die 165.405 registrierten Hybridfahrzeuge dazurechnet, ergeben sich hieraus gerade einmal 199.427 Fahrzeuge mit alternativen Antrieben für Deutschland in 2017. Dies stellt in der Gesamtbetrachtung einen verschwindend geringen Teil bei insgesamt 45.803.560 zugelassenen Fahrzeugen im selben Jahr in Deutschland dar.

Selbst wenn Deutschland eine gesteigerte Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge bewirken kann, befürchten viele Kritiker eine Überlastung des Stromnetzes.

⁶⁷ Vgl. Bundesregierung (2017).

⁶⁸ Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2017a).

Prognostizierte Stromnetzüberlastung bei gesteigerter Marktdurchdringung

Christian Lindner, Bundesvorsitzender der *Freien Demokratischen Partei (FDP)*, steht der sogenannten *Verkehrswende* mit Blick auf die bereits stattgefundene Energiewende skeptisch gegenüber.⁶⁹ Vor allem im Hinblick auf die flächendeckende Verbreitung von Elektrofahrzeugen wird die Stromversorgung als kritischer Punkt angesehen. Es stellt sich die Frage, wie das Stromnetz das gleichzeitige Laden von einigen Millionen Elektrofahrzeugen in Deutschland gewährleisten kann.

Diese Bedenken sind nicht unberechtigt. Die *Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen)* hat zur potentiellen Überlastung des Stromnetzes durch Elektrofahrzeuge eine Studie durchgeführt und kommt zu folgendem Ergebnis:⁷⁰ Bei der Szenarioanalyse stellt der Ladevorgang von Elektrofahrzeugen bei einer Marktdurchdringung von zehn Prozent selbst bei gesteigerter Ladeleistung, mit welcher in Zukunft zu rechnen ist, kein Problem für das Stromnetz dar. Anders verhält es sich bei vorstädtischen Stromnetzen. Auf Grund von deutlich geringeren Kapazitätsreserven als in städtischen Gebieten ist bei selbiger Marktdurchdringung bereits mit einer Überlastung des Stromnetzes von fast zehn Prozent zu rechnen. Die negativen Effekte verstärken sich, wenn zum Beispiel in einem Parkhaus viele Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden. In diesem Fall ist mit einer noch stärkeren Überlastung des Stromnetzes zu rechnen. Es sollte also frühzeitig damit begonnen werden, ein *intelligentes Lastmanagement* einzuführen, das *Ladespitzen* verhindert und Netzstabilität anstrebt.

Kernprobleme des Electric Cars

Zusammenfassend lassen sich die folgenden Kernprobleme des Electric Cars benennen:

- Mangelnde Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Fahrzeugmodellen auf Grund der hohen Anschaffungskosten
- Geringe Reichweite gegenüber konventionellen Fahrzeugmodellen
- Unzureichende Ladeinfrastruktur, die sich bisher nur auf Ballungsgebiete konzentrierte
- Geringe Marktdurchdringung auf Grund der oben genannten Punkte

⁶⁹ Vgl. Die Welt (2016).

⁷⁰ Vgl. Benad et al. (2012, S. 6-10).

- Aussicht auf eine Überlastung des Stromnetzes bei erhöhter Marktdurchdringung

Die vier *Megatrends* Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car (CASE) spielen sich im Umfeld eines fünften Megatrends ab, welcher nicht direkt mit dem Automobil in Verbindung steht. Die Rede ist vom *Megatrend Urbanisierung*.

2.5 Exkurs: Urbanisierung

Seit Jahrtausenden werden weltweit Städte gegründet.⁷¹ Städte bieten der Bevölkerung eines Landes im Vergleich zu ländlichen Lebensräumen deutlich mehr Berufs- und Ausbildungsangebote, bessere medizinische Versorgung und die Chance auf vielfältigere kulturelle und gesellschaftliche Teilhabe. Innovationen und Trends entstehen auch heute noch oftmals in urbanen Strukturen. Im Zuge der Digitalisierung verändern vor allem vernetzte Mobilitäts- und Konsumangebote das städtische Leben grundlegend. Dabei kommt natürlich auch speziell die Frage nach der gesellschaftlichen Verantwortung für ein nachhaltiges und zukunftsfähiges Transportsystem für Menschen und Güter auf.

Vor allem die weltweit stetig steigenden Bevölkerungszahlen in städtischen Gebieten deuten hierbei auf einen Megatrend hin.

2.5.1 Megatrend Urbanisierung

Neben den oben genannten Gründen für die zunehmende Urbanisierung können auch die folgenden zwei Gründe für eine zunehmende Urbanisierung benannt werden:⁷²

Sofern die Geburtenrate die Mortalitätsrate in städtischen Gebieten übersteigt, ist von einem *natürlichen Wachstum* (der Städte) die Rede. Neben dem natürlichen Wachstum kann auch die *Landflucht* in die Städte einen Grund für die zunehmende Urbanisierung darstellen. Je nach Ursache müssen sich Akteure der lokalen Politik anders einstellen bei der Gestaltung von Gesetzen, die versuchen mit den Folgen der Urbanisierung umzugehen.

Der Megatrend Urbanisierung wird erst durch Zahlen greifbar – konkret durch Zahlen zur Bevölkerungsentwicklung in Städten.

⁷¹ Vgl. Markus/Richter (2016, S. 6-7).

⁷² Vgl. United Nations (2014).

Rasante Bevölkerungsentwicklung in Städten

Die Vereinten Nationen (United Nations) erwarten für das Jahr 2050, dass 85,4 Prozent der Erdbbevölkerung aus entwickelten Regionen in urbanen Gebieten leben werden.⁷³ In weniger entwickelten Regionen der Welt wird für dasselbe Jahr ein Urbanisierungsgrad von 63,4 Prozent erwartet. Auf die gesamte Erdbbevölkerung gerechnet, würde dies bedeuten: Bis zum Jahr 2050 leben 66,4 Prozent der gesamten Erdbbevölkerung in urbanen Gebieten. Waren es 1950 noch 29,6 Prozent, stieg weltweit die Zahl der urban lebenden Erdbbevölkerung 1970 bereits auf 36,6 Prozent an. Von der *urbanen Wende* wird im Zeitraum zwischen 2007 und 2009 gesprochen. Seither leben mehr Menschen weltweit in Städten als im ländlichen Raum.⁷⁴

Die globale Bedeutung von Städten steigt in ökonomischer, ökologischer und politischer Hinsicht. Schätzungsweise gehen 65 Prozent des globalen Wachstums bis 2025 weltweit allein von 600 Städten aus.⁷⁵

Aus diesem Gesichtspunkt heraus lohnt es sich einen Blick auf die Probleme zu werfen, die die globale Urbanisierung mit sich bringt. Konkret ist hierbei das Problemfeld Urbanisierung gemeint.

2.5.2 Problemfeld Urbanisierung

Das Problemfeld Urbanisierung umfasst die Themen steigende Verkehrsnachfrage, steigende Umweltbelastungen und steigender Parkdruck in urbanen Räumen.

Steigendes Verkehrsaufkommen in urbanen Räumen

Der stetige Zuwachs an urbaner Bevölkerung und somit auch das Wachstum der Städte selbst führen zu einem Wachstum der Mobilität.⁷⁶ Das liegt daran, dass Städte in besonderem Maße für ihre Versorgung mit Gütern und Arbeitskräften auf den Verkehr angewiesen sind und die Stadtbewohner mobil sein müssen beziehungsweise so zusätzlichen Verkehr erzeugen.

Insbesondere bei schnell wachsenden Städten mit alten, gewachsenen Vierteln, in denen in Wohnungsnähe auch eine Nahversorgung möglich war, gilt heute: Die Tendenz geht hin zu

⁷³ Vgl. United Nations (2014).

⁷⁴ Vgl. Jaeger-Erben/Matthies (2014, S. 11-13).

⁷⁵ Vgl. Dobbs et al. (2012, S. 13-32).

⁷⁶ Vgl. Wolter/Scherf (2016, S. 8-14).

funktional getrennten Strukturen mit monofunktionalen Vierteln. Die Mobilität gibt in diesem Zusammenhang Zugang zu unterschiedlichen Funktionsräumen und ist somit für den Menschen zur Versorgung und sozialen Teilhabe unabdingbar.

Gerade bei verfehlter Raum- und Verkehrsplanung führen wachsende Entfernungen zu noch mehr Verkehr. Man denke nur einmal an die Stadt *Peking*, in der die Einwohner täglich oft Stunden in der *Untergrundbahn (U-Bahn)* verbringen. Viele Menschen streben deshalb den Besitz eines eigenen Autos an und die Zahl der neu zugelassenen Pkws in Städten steigt zunehmend. Mit der gesteigerten Motorisierung der urbanen Bevölkerung steigt auch der Straßenverkehr und die Durchschnittsgeschwindigkeit fällt.⁷⁷

In vielen Metropolen stecken speziell Berufspendler stundenlang im Verkehrsstau fest und hoffen, dass sie ihren Arbeitsplatz noch pünktlich erreichen. Dieser *Verkehrskollaps* oder auch *Verkehrsinfarkt* schwächt den Handel und die Produktion und wirft Städte in ihrer Entwicklung zurück. Gleichzeitig verschlechtert sich die urbane Lebensqualität beispielsweise durch die verminderte Luftqualität – über vielen Städten hängt mittlerweile eine permanente *Smogglücke*. Es fehlt die Umsetzung von Maßnahmen, die diesen negativen Entwicklungen entgegenwirkt.

Das steigende Verkehrsaufkommen hat vor allem steigende Umweltbelastungen in urbanen Räumen zur Folge.

Steigende Umweltbelastungen in urbanen Räumen

Mit der Urbanisierung und dem steigenden Verkehrsaufkommen machen sich die gesteigerten Umweltbelastungen in urbanen Räumen sichtlich bemerkbar.⁷⁸ In Städten werden weltweit 75 Prozent aller natürlichen Ressourcen beansprucht. Drei Viertel der globalen Energie wird in urbanen Räumen verbraucht und 80 Prozent aller klimaschädlichen Emissionen entstehen dort. Zu beachten ist, dass der zunehmende Ausstoß von Treibhausgasen als maßgeblicher Grund für die Erderwärmung angesehen wird.⁷⁹

Städte beschleunigen den Klimawandel durch ihre hohe Dichte an Treibhausgas emittierenden Verursachern (Industrie, Verkehr, Wohnen und Abfall). Der hohe Ausstoß an Treibhausgasen global gesehen ist schon bemerkenswert, wenn man sieht, dass Städte nur 0,4 Prozent der

⁷⁷ Vgl. BMZ (2016).

⁷⁸ Vgl. Bundestag (2015).

⁷⁹ Vgl. BMZ (2014).

Erdoberfläche bedecken. Während Städte in den *OECD-Staaten* (*OECD: Organization for Economic Cooperation and Development*) mit ihren kumulierten Emissionen maßgeblich zum Klimawandel beitragen, leiden vor allem Armutssiedlungen in Entwicklungsländern unter den Folgen: Ein Großteil der armen Bevölkerung lebt weltweit in Risikogebieten wie auf erdbebengefährdeten Hängen oder in Flusseinzugsgebieten, die am ehesten von Wetterereignissen betroffen sind. Eine besonders hohe *Vulnerabilität* der ärmeren Bevölkerungsschicht ist bedingt durch niedrige Einkommen, oftmals unzureichende öffentliche Dienstleistungen, schwache Sicherungssysteme und Infrastrukturmängel.

Die steigende Verkehrsbelastung in urbanen Räumen führt nicht nur zu mehr Umweltbelastungen – sie bewirkt auch den steigenden Parkdruck in Städten.

Steigender Parkdruck in urbanen Räumen

Mit der zunehmenden Urbanisierung ergeben sich zwangsweise zwei Entwicklungen:

Zum einen muss Wohnraum in den Städten immer knapper werden, sofern sich die Städte nur begrenzt nach außen hin und in die Höhe ausdehnen können. Eine weitere Voraussetzung hierfür ist, dass die städtischen Bewohner auch in der Stadt leben wollen und nicht in die Vororte ziehen. Analog zum immer knapper werdenden Wohnraum beziehungsweise Platz in den Städten muss auch der Parkraum knapper werden.

Als zweite Entwicklung besteht die Tendenz dahingehend, dass mit zunehmender Zahl der Stadtbewohner auch die Personenkraftwagen im städtischen Umlauf zunehmen. Deren Fahrzeughalter konkurrieren bei der Suche nach Parkplätzen – der *Parkdruck* steigt. Problematisch ist hierbei, dass der steigende Parkdruck in Städten nicht nur das Verkehrschaos verschlimmert, sondern an sich auch neue Umweltbelastungen durch den zusätzlich generierten Verkehr mit sich bringt.

Der europäische Marktführer für Parkraum-Management (*APCOA*) hat hierzu eine Studie durchgeführt, welche zu dem Ergebnis kommt:⁸⁰ Die Parkplatzsuche in Deutschland dauert durchschnittlich fast zehn Minuten, in Italien sogar bis zu 15 Minuten. Zu diesem Ergebnis kommt APCOA auf Grund einer Umfrage unter Autofahrern. Es entstehen Suchkosten in Höhe von *1,35 Euro je Suche*, wenn man davon ausgeht, dass bei jeder Parkplatzsuche durchschnittlich 4,5 Kilometer zurückgelegt werden.

Darüber hinaus haben internationale Befragungen ergeben, dass rund 30 Prozent der Fahrer in

⁸⁰ Vgl. APCOA (2013).

verstopften Innenstädten auf Parkplatzsuche sind. In nur einem Stadtviertel entsteht nach Berechnungen von APCOA so innerhalb von einem Jahr eine gefahrene Strecke, die 14 Umrundungen der Erde mit einem Personenkraftwagen entspricht.

Es überrascht nicht, dass die befragten Europäer mit den Parkverhältnissen in ihren Innenstädten wenig zufrieden sind. 42 Prozent der Befragten schätzen ihre Parkplatz-Situation als angespannt oder sogar chaotisch ein. In Italien vertraten sogar 70 Prozent der Befragten diese Meinung.

Kernprobleme der Urbanisierung

Zusammenfassend lassen sich die Kernprobleme der Urbanisierung folgendermaßen benennen:

- Steigendes Verkehrsaufkommen in urbanen Räumen mit der häufigen Folge von Verkehrschaos
- Steigende Umweltbelastungen in urbanen Räumen, bedingt durch die steigende Verkehrsnachfrage, die zum Großteil mit konventionellen Fahrzeugen bedient wird
- Steigender Parkdruck in urbanen Räumen und damit zusätzlich induziertes Verkehrsaufkommen

In diesem Kapitel wurden die vier CASE-Technologie-Impulse und Problemfelder Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car im Kontext der Urbanisierung beleuchtet.

Die einzelnen Technologie-Impulse beziehungsweise die Umschreibung des Megatrends Urbanisierung geben dem Leser einen Wissensstand über aktuelle Entwicklungen. Die beschriebenen Problemfelder sind in sich ungelöst und veranlassen dazu, näher betrachtet zu werden.

Abbildung 15 veranschaulicht noch einmal zusammenfassend alle genannten Problemfelder dieses Kapitels.⁸¹

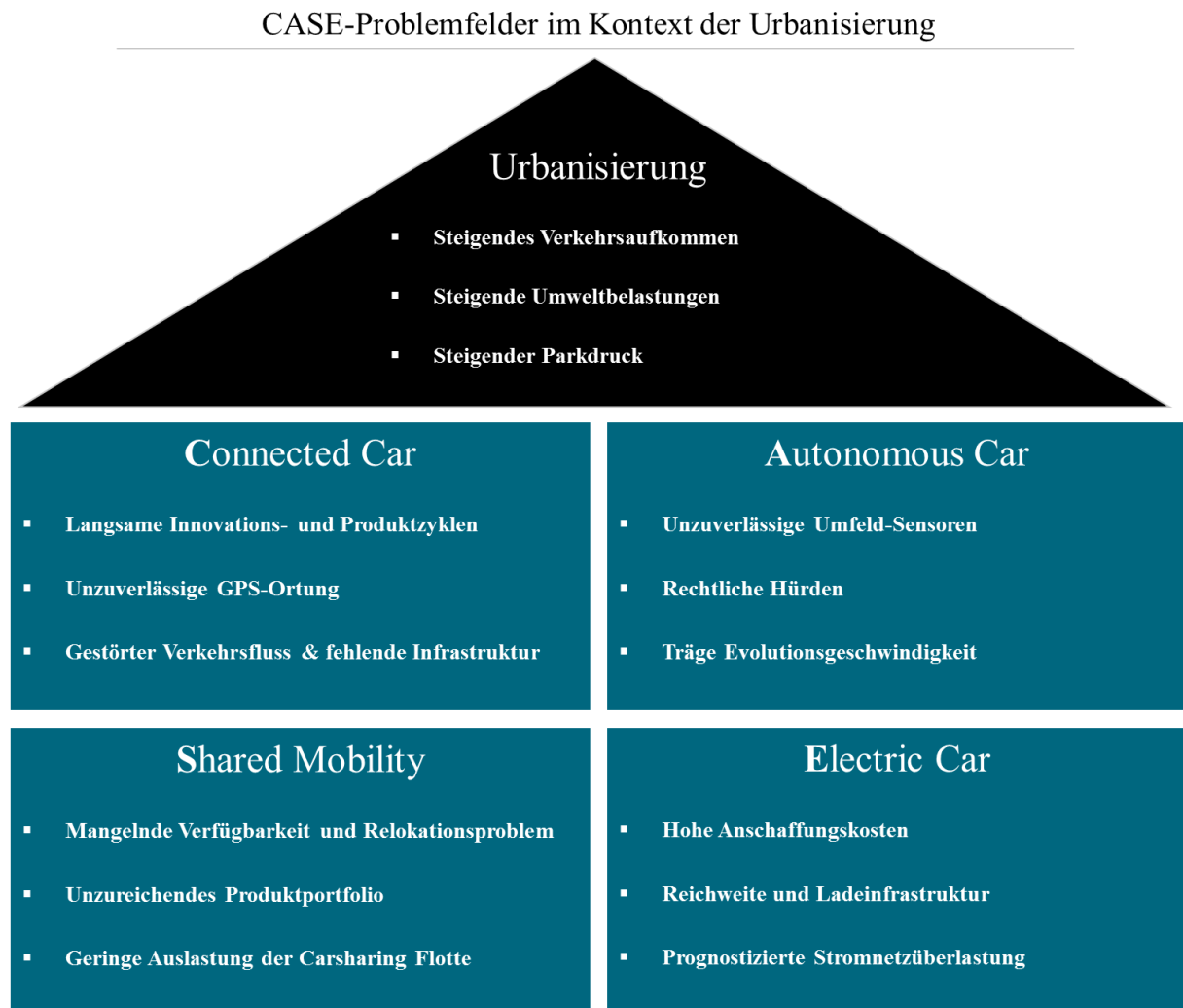


Abbildung 15: CASE-Problemfelder im Kontext der Urbanisierung

Quelle: Eigene Darstellung

Im nächsten Kapitel soll anhand von diesen Problemfeldern das Forschungsvorhaben entwickelt und der Forschungsansatz besprochen werden.

⁸¹ Das Problem der mangelnden Marktdurchdringung besteht mehr oder weniger bei allen beschriebenen Technologie-Impulsen.

3. Forschungsfrage und Forschungsansatz im Kontext von CASE

In Kapitel zwei wurden die vier Technologie-Impulse Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car im Kontext der weltweiten Urbanisierung beschrieben und deren Problemfelder herausgearbeitet. Die Übersicht zu diesen Problemfeldern (siehe Abbildung 15) lässt bereits vermuten, dass hieraus eine Forschungsfrage entsteht. Wie diese Forschungsfrage konkret entwickelt wurde und mit welchem Forschungsansatz sie beantwortet wird, soll Inhalt dieses Kapitels sein.

3.1 Entwicklung der Forschungsfrage mit Hilfe des disruptiven Ansatzes

Lange bevor die Daimler AG den Unternehmensbereich CASE ins Leben rief, beschäftigte sich im deutschsprachigen Raum bereits ein Forscher mit der CASE Thematik: Alexander Hars.⁸² Zwar wurden hier keine eigenen empirischen Auswertungen betrieben, doch wertvolles Wissen verschiedener anderer Forscher wurde von Hars zum Thema CASE zusammengetragen und kombiniert. Zunächst stellt sich die Frage wie die CASE-Probleme und die der Urbanisierung gelöst werden können. Dabei trifft Hars eine wichtige Unterscheidung. Zur Problemlösung werden der *inkrementelle Ansatz* und der *disruptive Ansatz* unterschieden.⁸³

3.1.1 Inkrementeller Ansatz versus disruptiver Ansatz

Für die CASE-Problematik im Kontext der Urbanisierung gibt es zwei Lösungsansätze.

Der erste Ansatz nennt sich inkrementeller Ansatz:⁸⁴ Hierbei entwickelt sich die Automatisierungstechnologie *graduell* (siehe hierzu auch Abbildung sechs). Dies bedeutet, dass sich die Fahrassistenzsysteme stetig geringfügig weiterentwickeln, bis irgendwann die vierte Stufe der Vollautomatisierung beziehungsweise die fünfte Stufe auf der Evolutionsskala der Fahrzeugautomatisierung erreicht ist. Dabei diffundieren die neuen Automatisierungstechnologien Stück für Stück von Premiummodellen in das Segment der Mittelklasse und alle anderen Fahrzeugsegmente, bis sich schließlich ein neuer Standard für

⁸² Vgl. Hars (2014c, S. 615-632).

⁸³ Hars selbst verwendet die Bezeichnung „inkrementeller Ansatz“ und umschreibt den „disruptiven Ansatz“ als Flottenszenario. Die Begrifflichkeit „disruptiver Ansatz“ soll hier bevorzugt verwendet werden, da diese expliziter beschreibt, was das Flottenszenario beinhaltet: eine Dienstleistung, die das Potential besitzt, ein bestehendes Produkt möglicherweise vollständig zu verdrängen.

⁸⁴ Vgl. Inventivio (2014).

alle Fahrzeugmodelle durchgesetzt hat. Gebremst von den im Unterabschnittspunkt 2.2.2 beschriebenen Problemen, vollzieht sich die Evolution der Fahrzeugautomatisierung über einen langen Zeitraum. Wie in Abbildung 6 gut zu sehen ist, kann unter diesen Prämissen erst im *Jahr 2030* mit Stufe vier der Fahrzeugautomatisierung, also mit der Vollautomatisierung, gerechnet werden.

Jedoch gibt es einen zweiten Weg zur Vollautomatisierung, welcher über einen disruptiven Ansatz realisiert werden kann. Dieser zweite Weg ist nicht auf die graduelle und flächendeckende Verbreitung der Vollautomatisierung fokussiert, sondern setzt dort an, wo die Automatisierung heute bereits die besten Chancen der Realisierung bei geringem Risiko aufweist. Der disruptive Ansatz kombiniert die vier CASE-Felder Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car und setzt lokal damit an.

Mit Blick auf Abbildung sieben kann analog zum car2go-Geschäftsgebiet ein abgegrenztes Gebiet für diesen Ansatz vorab bestimmt werden. Auf diesem abgegrenzten Gebiet können dann Flotten selbstfahrender Elektrofahrzeuge bei geringer Geschwindigkeit im City-Verkehr operieren. Das Produkt Automobil würde in diesem Moment komplett von der Mobilitätsdienstleistung abgelöst – deshalb spricht man hier auch vom disruptiven Ansatz. Man verspricht sich vom disruptiven Ansatz, dass Probleme wie zum Beispiel heterogene internationale Rechtsräume oder eine fehlende flächendeckende Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge auf Anhieb lokal gelöst werden können.

In dieser Arbeit wird der disruptive Ansatz in den Mittelpunkt gestellt, da er im Gegensatz zum inkrementellen Ansatz das Potential aufweist, schon heute die CASE-Probleme und die mit der Urbanisierung einhergehenden Probleme zu lösen.

3.1.2 Der disruptive Ansatz und die Dreiteilung des Verkehrs

Sofern der disruptive Ansatz sich auf lokal abgegrenzte Geschäftsgebiete zur Lösung der CASE-Probleme beschränkt, stellt sich die Frage, wie der Verkehr außerhalb dieser Geschäftsgebiete beziehungsweise außerhalb der City aussehen wird.

Hars' Überlegungen zum *City-Verkehr* werden in dieser Arbeit anhand von Praxisbeispielen um den *Intercity-Verkehr* und den *Rural-Verkehr* erweitert und in Abbildung 16 zusammenfassend dargestellt.

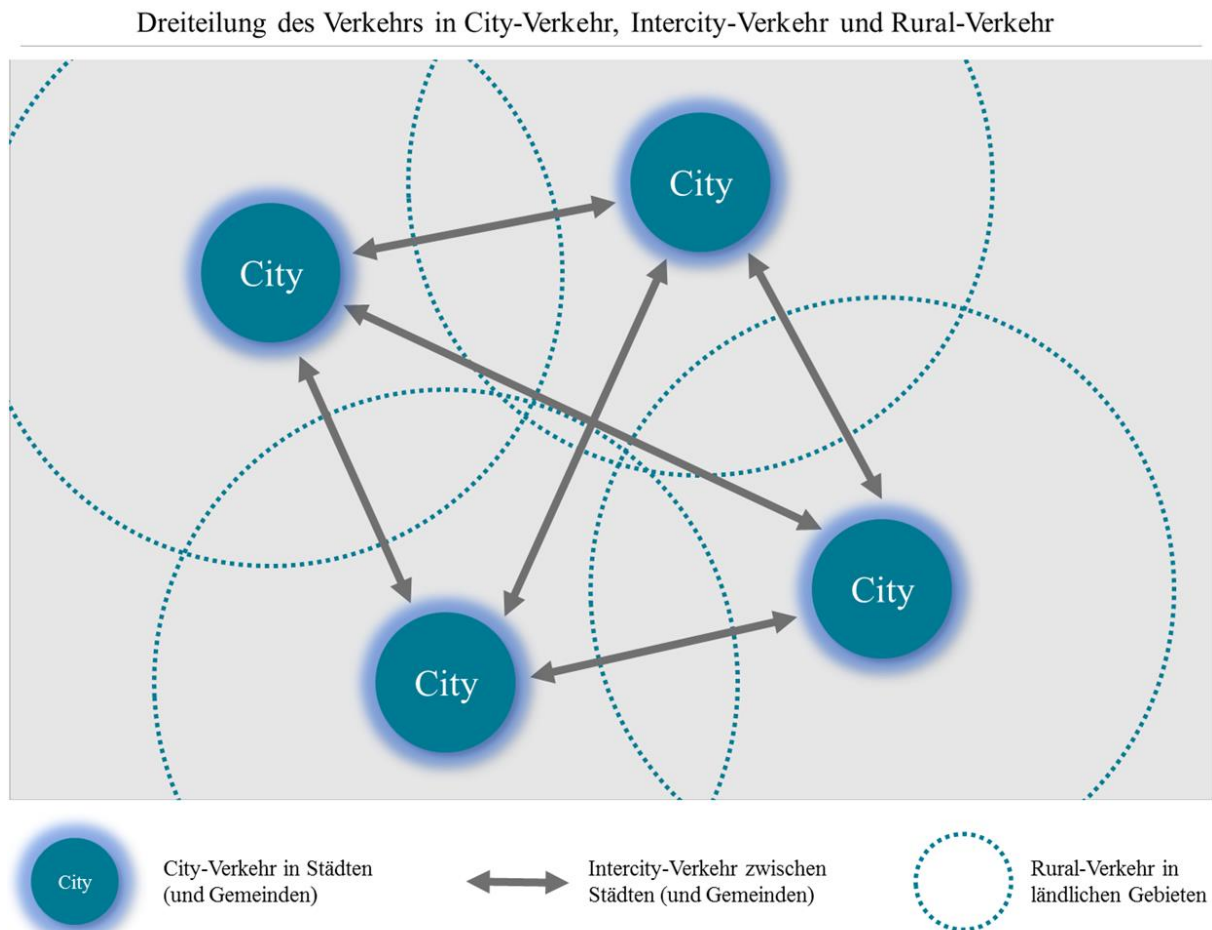


Abbildung 16: Dreiteilung des Verkehrs in City-Verkehr, Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr

Quelle: Eigene Darstellung

Wenn sich die CASE Technologie durchsetzt und die Mobilität zur Dienstleistung wird kann der Verkehr ähnlich wie bei Systemen des Schienenverkehrs heutzutage zunächst in City-Verkehr und Intercity-Verkehr unterteilt und um den Rural-Verkehr erweitert werden.

City-Verkehr

Der City-Verkehr, welcher heute hauptsächlich durch den *öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)* und eigentumsbasierte Personenkraftwagen geprägt ist, würde mit Flotten selbstfahrender elektrischer Taxis bedient werden.⁸⁵ So kann von der größten deutschen Stadt Berlin mit 3,4 Millionen Einwohnern bis hin zur kleinsten deutschen Gemeinde, namentlich Wiedenborstel in Kellinghusen mit fünf Einwohnern, jeder *Stadt- und Gemeindetyp* mit einer

⁸⁵ Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht hier der individuelle Personenverkehr. Der Logistikverkehr, insbesondere geprägt durch Lastkraftwagen (Lkws) und Transporter, soll hier nicht näher beleuchtet werden.

Flotte von selbstfahrenden Elektrotaxis ausgestattet werden.⁸⁶ Diese Gebiete würden ähnlich wie bei car2go heutzutage durch ein abgegrenztes Geschäftsgebiet definiert werden. Sie sind in Abbildung 16 durch die *blau leuchtenden Kreise* dargestellt. Bereits heute erkennt man eine Transformation im City-Verkehr, welche durch das Carsharing geprägt ist (siehe auch Abbildung acht). Das Unternehmen *Local Motors* lässt zudem bereits in Kooperation mit der *Deutschen Bahn* und dem *Land Berlin* einen autonomen Kleinbus mit Namen *Olli* als Shuttle Service auf dem Berliner *EUREF-Campus* zirkulieren.⁸⁷ Olli stellt einen großen Schritt in Richtung des automatisierten City-Verkehrs dar. Er ist elektrisch betrieben, fährt autonom, wird geteilt genutzt und ist vernetzt. Einzig der Punkt *Mobility-on-Demand* ist nicht gegeben, da Olli wie ein Linienbus festgelegte Strecken abfährt.⁸⁸

Abbildung 17 zeigt Olli im Einsatz auf dem Berliner EUREF-Campus.



Abbildung 17: Autonomer Shuttle Bus Olli auf dem Berliner EUREF-Campus

Quelle: Deutsche Bahn (2017).

⁸⁶ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008). Da sich die Forschungen dieser Arbeit durch die spätere Verwendung des Mobilität in Deutschland 2008 Datensatzes auf das Jahr 2008 beziehen, werden an dieser Stelle bereits Beispiele aus diesem Jahr zu Erläuterungszwecken bereitgestellt.

⁸⁷ Vgl. InnoZ (2017).

⁸⁸ Bei Mobility-on-Demand-Systemen können die Nutzer von Flotten selbstfahrender Elektrotaxis spontan per Smartphone zum Beispiel ihr Fortbewegungsmittel bestellen. Olli dagegen operiert als Shuttle Service und fährt auf einer festgelegten Route.

Innerhalb vom disruptiven Ansatz stellt der City-Verkehr das wichtigste Handlungsfeld dar. Wie in den Ausführungen von Abschnitt 2.5 beschrieben, werden künftig immer mehr Menschen weltweit in Städten leben.

Intercity-Verkehr

Neben dem City-Verkehr ist in Abbildung 16 der Intercity-Verkehr durch *graue Verbindungspfeile* dargestellt. Die Mobilitätsnachfrage im Intercity-Verkehr wird heutzutage mit eigentumsbasierten Personenkraftwagen, dem Angebot der Bahn und Flugzeugen bedient. Der Intercity-Verkehr beschreibt die Bewegungen von Personen zwischen Städten (und Gemeinden). Im Gegensatz zum City-Verkehr gibt es hier kein abgegrenztes Geschäftsgebiet für die Flotte selbstfahrender Elektrotaxis. Vielmehr gibt es viele Verbindungslinien zwischen Städten und Gemeinden, die jeweils an ihren beiden Enden mit Flotten von selbstfahrenden Elektrotaxis ausgestattet sind.

Im Gegensatz zum inkrementellen Ansatz bietet dies den großen Vorteil, dass Verbindungslinien parallel zur Entwicklung der Reichweiten von Elektrofahrzeugen (siehe auch Unterabschnittspunkt 2.4.2) sukzessive implementiert werden können. Konkret wäre eine Intercity-Verbindung zwischen Stuttgart und München vom Gesichtspunkt der Reichweite von Elektrofahrzeugen her schon heute technisch möglich. Der Intercity-Verkehr zwischen München und Berlin hingegen müsste übergangsweise mit konventionellen Modellen, die auf Benzin oder Diesel setzen, bewältigt werden.

Die Daimler AG hat erst vor wenigen Jahren mit ihrem Angebot *car2go Black* versucht, den Intercity-Verkehr als Shared Mobility-Konzept zu revolutionieren.⁸⁹ Sechs Städte wurden mit 41 festen Stationen ausgestattet, an denen die Nutzer spontan per App eine Mercedes-Benz B-Klasse anmieten konnten. Zwischen diesen sechs Städten konnten sich die Nutzer also spontan mit einem Fahrzeug bewegen, ohne sich jedes Mal um die Schlüsselübergabe und Vertragsunterzeichnung vorab kümmern zu müssen.

Erreichten die Nutzer eine City (siehe blau leuchtende Kreise), fielen sie in das System des City-Verkehrs und könnten sich auf der letzten Strecke beispielsweise mit einem Carsharing-Fahrzeug zu ihrem Endziel bewegen. Der Intercity-Verkehr stellt schon heute für die Automatisierungstechnik eine wesentlich geringere Herausforderung dar, als der City-Verkehr. Das liegt daran, dass die Umgebungskomplexität in Städten in Form von einem sich stetig verändernden Umfeld oder unvorhergesehenen Ereignissen höher ist als auf

⁸⁹ Vgl. Auto Bild (2015).

Autobahnen.

Rural-Verkehr

Als drittes Feld beschreibt der Rural-Verkehr in Abbildung 16 Einflussgebiete der blauen City-Punkte in Form von *blau gestrichelten Radien*. Die Radien beschreiben den seltenen Fall, dass sich Personen weder in einer Stadt beziehungsweise einer Gemeinde befinden, noch auf dem Weg in eine andere Stadt oder Gemeinde sind.

Sind Personen beispielsweise auf Grund von einem Freizeitmotiv im Umland ihrer Stadt oder Gemeinde unterwegs und haben als Ziel keine andere Stadt oder Gemeinde, können hier Flotten selbstfahrender Elektrotaxis diese Mobilitätsnachfrage bedienen. Ausgangspunkt dieser Flotten wären immer die Städte (und Gemeinden). Jedoch könnten die Fahrzeuge für den Rural-Verkehr problemlos auch außerhalb der jeweiligen Stadt (beziehungsweise Gemeinde) geparkt werden.

Wie auch beim Intercity-Verkehr könnten die Radien mit zunehmender Reichweite der Elektrofahrzeuge erweitert werden. Vorübergehend könnten auch Radien, die größer als 300 Kilometer sind, mit konventionellen selbstfahrenden Modellen abgedeckt werden. Wie schon beim Intercity-Verkehr beschrieben, ist auch hier der Verkehr außerhalb der Städte und Gemeinden wesentlich unproblematischer aus Sicht der Fahrzeugautomatisierung zu betrachten.

Die Dreiteilung der Mobilität in City-Verkehr, Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr im Rahmen des disruptiven Ansatzes nach Hars verspricht schon heute eines: die Lösung der CASE-Problemfelder im Kontext der Urbanisierung durch drei getrennte Systeme von Flotten selbstfahrender Elektrotaxis.

3.2 Der disruptive Ansatz und die Dreiteilung des Verkehrs als Problemlösung

Wie diese Problemlösung der CASE-Problemfelder im Rahmen des disruptiven Ansatzes und der Dreiteilung des Verkehrs aussieht, soll nachfolgend besprochen werden.

Mit Blick auf Abbildung 15 werden noch einmal alle Problemfelder im Einzelnen und deren Lösung durch den disruptiven Ansatz und die Dreiteilung des Verkehrs beschrieben.

Darüber hinaus soll ab diesem Zeitpunkt der Begriff „Flotten selbstfahrender Elektrotaxis“ vereinfachend durch die Bezeichnung „*CASE-Flotten*“ ersetzt werden.

3.2.1 Problemfeld Connected Car und Lösungsansatz

Im Rahmen des disruptiven Ansatzes lösen CASE-Flotten die Problemfelder des Connected Cars auf folgende Art und Weise.

- **Langsame Innovations- und Produktzyklen innerhalb der Automobilindustrie im Vergleich zur Elektronikindustrie:** CASE-Flotten basieren auf dem Sharing-Konzept. Dies bedeutet, dass die einzelnen Fahrzeuge der Flotte voraussichtlich wesentlich intensiver genutzt werden als eigentumsbasierte Personenkraftwagen in privater Hand. Daraus resultiert: die Fahrzeuge innerhalb der CASE-Flotten werden in kürzeren Abständen auf Grund von Abnutzung ausgetauscht als eigentumsbasierte private Pkws. Auf diesem Weg können Connected Car-Innovationen, vor allem im Hardware-Bereich, wesentlich schneller in die Fahrzeuge integriert werden als heutzutage.
- **Unzuverlässige GPS-Ortung:** Die Dreiteilung des Verkehrs ermöglicht es, der GPS-Problematik auf begrenzten Gebieten zu begegnen. Auf begrenzten Gebieten kann die GPS-Problematik durch das Aufstellen von Referenzstationen und den Einsatz des Differential-GPS behoben werden. Dieser Vorgehensweise ist für Kreisflächen (City-Verkehr), Verbindungslinien (Intercity-Verkehr) und sogar Radien (Rural-Verkehr) denkbar. Vor allem lässt diese Denkweise eine sofortige Umsetzung zu und ist nicht darauf angewiesen im Extremfall den kompletten Erdball mit Infrastruktur auszustatten.
- **Gestörter Verkehrsfluss und mangelnde C2X-Infrastruktur:** CASE-Flotten sind mit keinem gestörten Verkehrsfluss, wie man ihn heute kennt, konfrontiert. Sie schöpfen zum einen aus der Car-to-Car-Kommunikation und koordinieren sich insoweit, als dass erst gar keine Staubildung zustande kommt. Andererseits können selbst Tageshochzeiten des Verkehrs (speziell im City-Verkehr und im Intercity-Verkehr) durch die Sammlung historischer Verkehrsdaten antizipiert und gelöst werden. Begrenzte Gebiete erlauben den stückweisen Ausbau der C2X-Infrastruktur (wie ein vernetztes Ampelsystem), wenn diese denn überhaupt noch nötig ist. Denkbar wären auch CASE-Flotten die ohne ein Ampelsystem auskommen und nur mit der Vehicle-to-Pedestrian-Kommunikation arbeiten (siehe auch Abbildung fünf).

3.2.2 Problemfeld Autonomous Car und Lösungsansatz

Im Rahmen des disruptiven Ansatzes lösen CASE-Flotten die Problemfelder des Autonomous Car auf folgende Art und Weise.

- **Unzuverlässige Umfeld-Sensoren:** Das Problem der unzuverlässigen Umfeld-Sensoren kann mit Hilfe von CASE-Flotten auf zwei Wegen gelöst werden. Einerseits können gezielt die Gebiete erschlossen werden, welche sich auf Grund von Wetterbedingungen am besten für das gute Funktionieren der Umfeld-Sensoren eignen. Dies würde bedeuten, dass Gebiete mit massivem Schneefall vorerst ausgeschlossen blieben. Andererseits bieten CASE-Flotten den Vorteil dass sie als geschlossene Gruppe im Verkehr agieren und über die Datenfusion die Unzuverlässigkeit der Umfeld-Sensoren einzelner Fahrzeuge kompensieren können.
- **Rechtliche Hürden:** Heterogene internationale Rechtsräume sind bei einer Dreiteilung des Verkehrs und dem Einsatz von CASE-Flotten auf begrenzten Gebieten irrelevant. Es obliegt der jeweiligen City und den Bundesländern, durch welche der Intercity-Verkehr verläuft beziehungsweise sich der Rural-Verkehr zieht, einen einheitlichen Rechtsrahmen für den Verkehr zu schaffen. So könnten sich die Bürger einer City beispielsweise per Volksentscheid darauf einigen, CASE-Flotten in ihrer Stadt oder ihrem Stadtteil einzusetzen. Motive hierfür könnten die Lösung der Emissions-, Lärm- und Parkplatzproblematik sein. Wenn die Fahrzeuge der CASE-Flotte vorerst mit 35 Kilometer pro Stunde operieren, was dem Fortbewegungstempo im städtischen Verkehr heutzutage entspricht, und die Bürger über die Vehicle-to-Pedestrian-Kommunikation in das Verkehrsgeschehen digital eingebunden würden, spricht auch aus Sicherheitsgründen nichts dagegen.
- **Träge Evolutionsgeschwindigkeit automatisierter Fahrsysteme:** Die träge Evolutionsgeschwindigkeit automatisierter Fahrsysteme ist darauf zurückzuführen, dass die Automatisierungsstufen bei jeder Wetterlage, in jeder erdenklichen Verkehrssituation und weltweit funktionieren müssen. Begrenzt man die Anwendung der CASE-Flotten auf Stadtgebiete, Verbindungslinien zwischen Städten und Rädern um die Städte herum, kann ohne Weiteres schon heute die Automatisierungsstufe vier realisiert werden.

3.2.3 Problemfeld Shared Mobility und Lösungsansatz

Im Rahmen des disruptiven Ansatzes lösen CASE-Flotten die Problemfelder der Shared Mobility auf folgende Art und Weise:

- **Mangelnde Verfügbarkeit und Relokationsproblem:** Problematisch beim Konzept des Carsharings ist heutzutage, dass in manchen Fällen gar kein Fahrzeug für Nutzer in

der Nähe bereitsteht (siehe auch Abbildung sieben) beziehungsweise das Fahrzeug nur mit einem langen Fußweg erreicht werden kann. Dieses Problem können eigentumsbasierte private Pkws in Städten auch aufweisen, da die Fahrzeuge mit zunehmendem Parkdruck immer weiter weg vom eigentlichen Ziel geparkt werden müssen. Die Verfügbarkeitsproblematik löst sich mit dem Einsatz von CASE-Flotten, da deren Fahrzeuge per App Befehl zum Nutzer vorgefahren kommen und diese direkt beim Ziel absetzen.

Auch die Relokationsproblematik verändert sich inhaltlich und kann durch CASE-Flotten gelöst werden. Heutzutage wird die Relokationslogik durch historische Daten generiert. Diese historischen Daten beziehen sich aber immer auf den Ort der Anmietung von Carsharing-Fahrzeugen. Der hierfür eingesetzte Algorithmus kann also nicht mit einbeziehen, an welchem Punkt in der Stadt der Nutzer ein Fahrzeug gebraucht hätte, sondern nur zu welchem Punkt er lief, um das Fahrzeug anzumieten (siehe auch Abbildung zehn).

CASE-Flotten sammeln den Nutzer genau an dem Punkt in der Stadt ein, an welchem ein Fahrzeug benötigt wird. Auf diesem Weg werden weitaus wertvollere historische Bewegungsdaten gesammelt, und künftige Mobilitätsbedarfe können wesentlich genauer antizipiert werden – mit zunehmender Zeit löst sich die Relokationsproblematik.

- **Unzureichendes Produktportfolio:** Carsharing-Anbieter sind heutzutage mit dem Problem konfrontiert, dass sie den Mobilitätsbedarf ihrer Nutzer hinsichtlich der Fahrzeuggröße nicht immer passgenau bedienen können. CASE-Flotten werden vorab vom Flottenmanager so diversifiziert, dass sie exakt die Mobilitätsbedarfe hinsichtlich der Fahrzeuggröße im jeweiligen abgegrenzten Gebiet treffen. Die Nutzer können per App die Gruppengröße und andere Spezifika (wie Behinderungen, Fahrradmitnahme oder Kindersitzwunsch) kommunizieren. Wie auch bei der Relokation kann dann aus historischen Daten eine passgenaue CASE-Flotte bereitgestellt werden.
- **Geringe Auslastung der Carsharing-Flotte:** Wenn die Fahrzeuge der Carsharing-Flotten heutzutage im Einzelnen täglich nicht länger genutzt werden als eigentumsbasierte Privatfahrzeuge, stellt dies ein Problem dar, welches die Daseinsberechtigung von Carsharing-Konzepten adressiert. Eben die Lösung der oben genannten Probleme deutet darauf hin, dass die Nutzung von Carsharing-Angeboten in

Form von CASE-Flotten steigen würde. Vor allem der Wegfall der Verfügbarkeitsproblematik und ein passgenaues Produktportfolio sollten in diesem Zusammenhang ausschlaggebend sein.

3.2.4 Problemfeld Electric Car und Lösungsansatz

Im Rahmen des disruptiven Ansatzes lösen CASE-Flotten die Problemfelder des Electric Cars auf folgende Art und Weise:

- **Mangelnde Wettbewerbsfähigkeit hinsichtlich der Anschaffungskosten:** Wie in Abbildung 13 bereits gezeigt, weisen Elektrofahrzeuge durchweg höhere Anschaffungskosten gegenüber konventionellen Fahrzeugen auf und sind deshalb nur bedingt wettbewerbsfähig. Den größten Kostenpunkt bei Elektrofahrzeugen stellt die Lithium-Ionen-Batterie dar.⁹⁰ Nykvist und Nilsson haben sich mit der historischen und der zu erwartenden Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Batterien eingehend auseinandergesetzt und kommen zu dem Ergebnis, dass Elektrofahrzeuge innerhalb der nächsten Jahre wettbewerbsfähig gegenüber konventionellen Fahrzeugen sein werden.⁹¹ Untersucht wurden über 85 verschiedene Publikationen und Stellungnahmen zur aktuellen und künftigen Preisentwicklung der Lithium-Ionen-Batterien im Zeitraum von 2007 bis 2014. Quellen dieser Publikationen und Stellungnahmen waren unter anderem Artikel aus wissenschaftlichen Zeitschriften, Aussagen von Branchenexperten oder auch Veröffentlichungen von industrienahen Beratungsgesellschaften. Es besteht allgemeiner Konsens darüber, dass Lithium-Ionen-Batterien ein Preisniveau von *150 US-Dollar pro Kilowattstunde* erreichen müssen, um gegenüber konventionellen Fahrzeugen wettbewerbsfähig zu sein.

⁹⁰ Vgl. Kampker/Deutsdens/Nee (2013, S. 46-58).

⁹¹ Vgl. Nykvist/Nilsson (2015, S. 1-10).

Abbildung 18 zeigt Nykvists und Nilssons Ergebnisse.

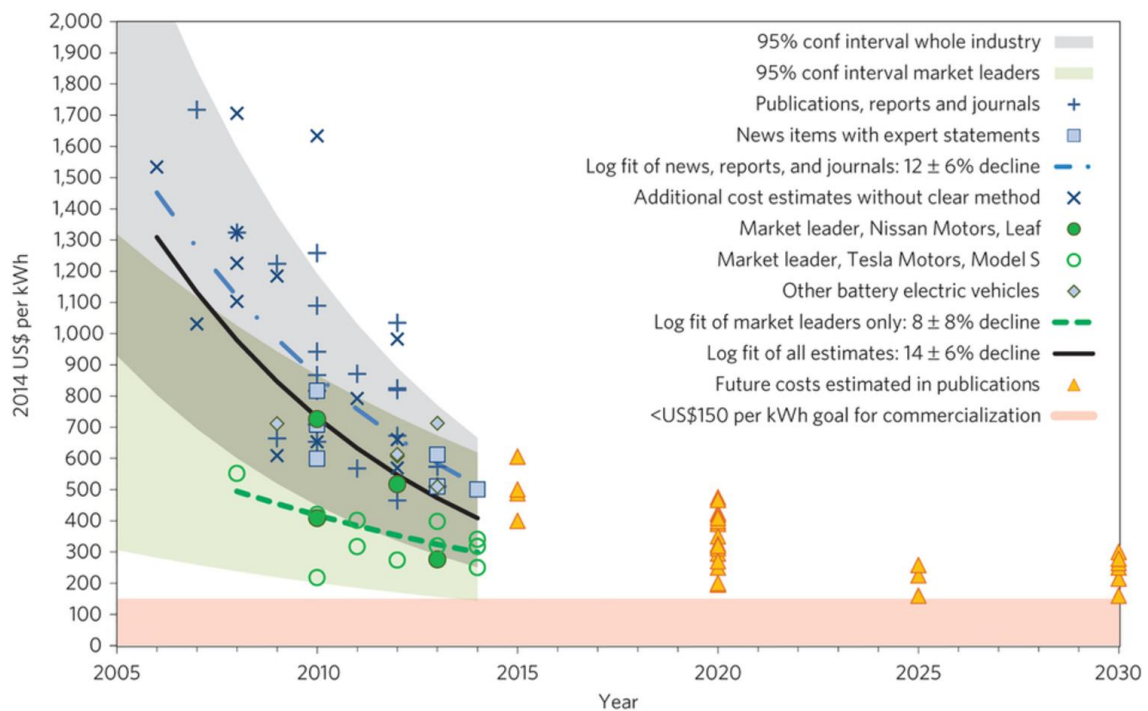


Abbildung 18: Preisentwicklung der Lithium-Ionen-Batterien zwischen 2007 und 2014

Quelle: Nykvist/Nilsson (2015, S. 4).

Bemerkenswert ist nicht nur der rapide Preissturz für Lithium-Ionen-Batterien in den letzten Jahren, sondern auch die prognostizierte Preisentwicklung. Demnach kommen Lithium-Ionen-Batterien und somit Elektrofahrzeuge spätestens bis zum Jahr 2025 preislich in den Bereich der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Fahrzeugen.⁹² Begründet wird der Preissturz mit allgemeinen Lerneffekten in der Branche und Kosteneinsparungen auf Grund des zunehmenden Produktionsumfanges bei Batterieherstellern.

Das Problem der hohen Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen löst sich also mittel- bis langfristig von alleine. CASE-Flotten bieten im Gegensatz zum inkrementellen Ansatz auch hierbei einen entscheidenden Vorteil: Sie ermöglichen es potentiellen Nutzern von Elektrofahrzeugen, relativ zeitnah an den immer günstiger werdenden Preisen für Elektrofahrzeuge zu partizipieren. Dies bedeutet konkret, dass die besonders intensive Nutzung der CASE-Flottenfahrzeuge dazu führt, dass sie voraussichtlich schneller ausgewechselt werden müssen als eigentumsbasierte

⁹² Hinzu kommt, dass die Kaufentscheidung bei einem Elektrofahrzeug nicht nur monetär beeinflusst ist, sondern auch intrinsisch motivierte (ökologische) Motive aufweisen kann. Bis Elektrofahrzeuge gegenüber konventionellen Fahrzeugen hinsichtlich der Anschaffungskosten wettbewerbsfähig sind, könnte eine staatliche Förderung durch Steuervergünstigungen sinnvoll sein.

Privatfahrzeuge. Die stetig sinkenden Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge führen unter normalen Wettbewerbsbedingungen auch zu einem stetig sinkenden Preis für Nutzer von CASE-Flotten.

Damit löst der disruptive Ansatz das Problem, vor dem potentielle Käufer eines Elektrofahrzeuges heute stehen: Würden sie sich ein Elektrofahrzeug heute kaufen, wüssten sie, dass es in wenigen Jahren wesentlich günstiger zu haben ist. Deshalb wird der Kauf häufig unterlassen und erst einmal abgewartet. CASE-Flotten führen hingegen Nutzer mit dem *Pay-per-Use-Prinzip* an Elektrofahrzeuge heran und ermöglichen es relativ zeitnah an den sinkenden Anschaffungskosten zu partizipieren.

- **Geringe Reichweite und unzureichende Ladeinfrastruktur:** Die noch geringen Reichweiten von Elektrofahrzeugen und somit auch von Fahrzeugen aus CASE-Flotten stellen im City-Verkehr kein Problem dar. Das Verkehrsaufkommen im Cityverkehr ist bei einer Tagesbetrachtung geprägt durch *Tagesspitzen (Peaks)* während der *Rush Hour*. Gegen Mitternacht hingegen konvergiert das Verkehrsaufkommen gegen Null, wie sich in späteren Abschnitten noch zeigen wird.

Somit können CASE-Flotten während der Nacht komplett laden und sind am nächsten Morgen auch wieder einsatzbereit. Auch im Intercity-Verkehr bieten CASE-Flotten den Vorteil, dass mit zunehmender Entwicklung der Reichweiten von Elektrofahrzeugen längere Intercity-Verbindungen hinzugenommen werden können. Auch hier können auf Strecken, die CASE-Flotten von der Reichweite her nicht bewältigen können, übergangsweise konventionelle Fahrzeuge eingesetzt werden. Auch der Rural-Verkehr kann mit Hilfe von Datensammlung und der Antizipation künftiger Nutzerbedürfnisse bedient werden. Radien können in diesem Zusammenhang mit zunehmender Reichweite von Elektrofahrzeugen auch erweitert werden.

CASE-Flotten sind nicht auf flächendeckende Ladeinfrastruktur angewiesen. Durch die geteilte Nutzung wird erwartet, dass sich weniger Fahrzeuge als heutzutage im Straßenverkehr befinden. Es würde also reichen eine einzige zentrale Ladeinfrastruktur pro CASE-Flotte bereitzustellen (beziehungsweise beim Intercity-Verkehr zwei: an beiden Enden der Verbindungslinie).

- **Prognostizierte Stromnetzüberlastung bei gesteigerter Marktdurchdringung:** Es wurde bereits gezeigt, dass Elektrofahrzeuge mit einer Marktdurchdringung von zehn Prozent die Stabilität der Stromnetze gefährden können. Hinzu kommt, dass in

Deutschland langfristig weitaus höhere Marktdurchdringungsraten hinsichtlich der Elektrifizierung des Verkehrs angestrebt werden. Es stellt sich also die Frage, wie dieses Ziel mit dem inkrementellen Ansatz zu vereinbaren ist.

CASE-Flotten lösen diese Problematik mit Hilfe der geteilten Nutzung der Fahrzeuge. Es ist zu erwarten, dass dadurch weniger Fahrzeuge als heute im Straßenverkehr benötigt werden. Dies senkt zunächst einmal auch den benötigten Energiezufluss. Darüber hinaus können CASE-Flotten koordiniert und zentral in einem Parkhaus, dezentral außerhalb der Stadt oder sogar unterirdisch aufgeladen werden. Durch den Technologie-Impuls des induktiven Ladens ist für diesen Vorgang auch kein menschliches Zutun vonnöten.

Bei der Entlastung der Stromnetze stellen sich CASE-Flotten zudem als vielversprechender Komplementär zu *Smart Grids (intelligenten Stromnetzen)* heraus. Smart Grids umfassen die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und Verteilungszentren der Elektrizitätsversorgung.⁹³ Eine *Photovoltaikanlage (PV-Anlage)* auf einem privaten Hausdach beispielsweise kann als Bestandteil des Smart Grids Solarenergie für die Verbrauchsgeräte im Haushalt bereitstellen. Bezogen auf Smart Grids im häuslichen Umfeld stellt Abbildung 19 dar, wie sich das Elektrofahrzeug schon heute in dieses intelligente Stromnetz integrieren lässt.

⁹³ Vgl. Dollen (2009, S. 6-8).



Abbildung 19: Integration eines Elektrofahrzeuges in ein Smart Grid

Quelle: Mercedes-Benz (2017c).

Neben dem *stationären Energiespeicher* (welcher in der Abbildung als „Energiespeicher“ deklariert ist) kann auch das Elektrofahrzeug selbst als Energiespeicher fungieren.⁹⁴ Bei der Einbindung von Elektrofahrzeugen in Smart Grids spricht man auch vom *Vehicle2Grid-Konzept*. So kann durch die gezielte Aufnahme von Photovoltaikleistung die Spannung im Netz stabilisiert und Verlustenergie minimiert werden. Durch das sogenannte *bidirektionale Laden* können Elektrofahrzeuge auch wieder Energie an das Haus-Netz abgeben.⁹⁵ Das Elektrofahrzeug stellt also einen *mobilen Energiespeicher* dar.

Durch die bidirektionale Ladetechnik können Fahrzeuge der CASE-Flotten während der Zeit, in der sie nicht im Gebrauch der Nutzer sind, lokale Stromnetzüberlastungen ausgleichen. Als mobile Ladespeicher nehmen sie Energie aus Smart Grids dort auf, wo ein Überschuss produziert wird, und geben sie dort ab, wo ein Mangel vorherrscht.

Das gesamte Potential des bidirektionalen Ladens und der intelligenten Verteilung von gewonnener Energie kann sich nur mit einer *Kollektivlösung* (durch CASE-Flotten) und nicht mit eigentumsbasierten Privatfahrzeugen entfalten. Denkbar wäre hier in der Umsetzung ein Parkhaus mit einer Photovoltaikanlage, in dem sich die CASE-Flotte zentral zum Ladeprozess trifft. Eine weitere Möglichkeit stellen dezentrale Ladepunkte

⁹⁴ Vgl. Probst (2014, S. 9-16).

⁹⁵ Vgl. Baden Online (2017).

dar. Diese dezentralen Ladepunkte könnten im Fall des City-Verkehrs durch verschiedene Parkhäuser, die mit Photovoltaikanlagen ausgestattet sind dargestellt sein. Je nach Anforderung kann hier eine zentrale oder dezentrale Lösung genutzt werden.

3.2.5 Problemfeld Urbanisierung und Lösungsansatz

Im Rahmen des disruptiven Ansatzes lösen CASE-Flotten die Problemfelder der Urbanisierung auf folgende Art und Weise:

- **Steigendes Verkehrsaufkommen in urbanen Räumen:** Das Problem des steigenden Verkehrsaufkommens spielt sich hauptsächlich im City-Verkehr ab, ist jedoch auch im Intercity-Verkehr und dem Rural-Verkehr zu beobachten. CASE-Flotten versprechen in diesem Zusammenhang eine Lösung der Verkehrsstaubildung durch einen koordinierten Verkehrsablauf, der über das vernetzte Auto realisiert wird.
- **Steigende Umweltbelastungen in urbanen Räumen:** Auch hier konzentriert sich die Problematik zwar im City-Verkehr, ist jedoch auch im Intercity-Verkehr und dem Rural-Verkehr vorzufinden. Durch den Einsatz rein elektrisch betriebener CASE-Flotten bietet der disruptive Ansatz hier die Möglichkeit bereits gegenwärtig die Umweltbelastungen durch den Verkehr Stück für Stück zu reduzieren. So können einzelne Städte, Städteverbindungen und Radien um die Städte so lange mit CASE-Flotten besetzt werden, bis die CO₂-Emissionen im Verkehr gänzlich eliminiert sind.
- **Steigender Parkdruck in urbanen Räumen:** Das Problem des hohen Parkdrucks betrifft in der Regel den City-Verkehr und weniger die Strecken des Intercity-Verkehrs beziehungsweise die Flächen des Rural-Verkehrs. Durch das Prinzip der Shared Mobility erhofft man sich eine geringere Zahl an Autos in den Städten und somit auch eine Entspannung des Parkdrucks. Darüber hinaus stellt für selbstfahrende Autos die Suche nach einem Parkplatz wenn überhaupt nur ein geringes Problem dar. Sie können ohne Probleme auch außerhalb der Stadt parken, solange sie auf Abruf per App innerhalb einer angemessenen Zeit die Nutzer wieder einsammeln.

Abbildung 20 veranschaulicht noch einmal zusammenfassend alle genannten Problemfelder und Lösungsansätze aus diesem Abschnitt.⁹⁶

CASE-Problemfelder und -Lösungsansätze im Kontext der Urbanisierung

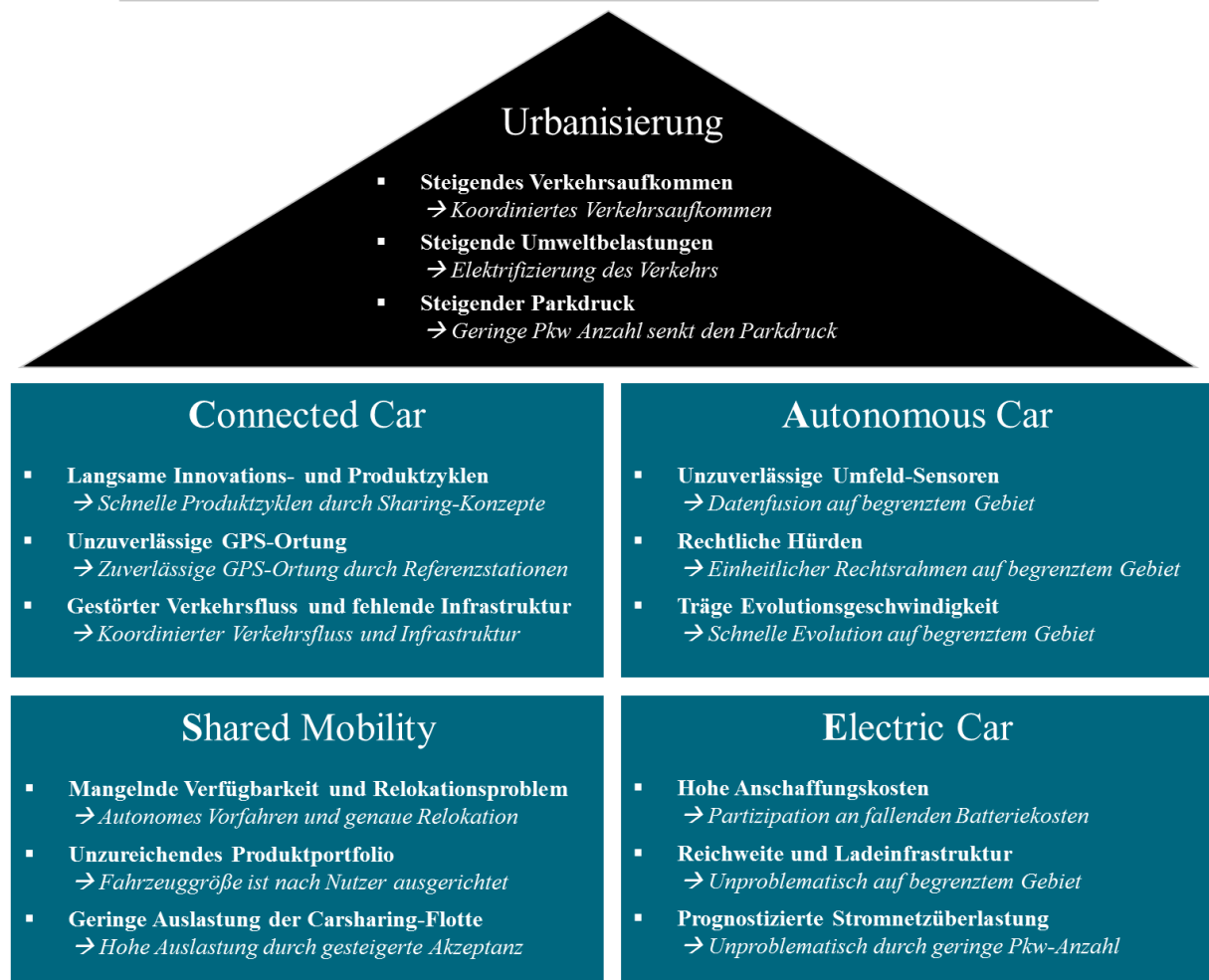


Abbildung 20: CASE-Problemfelder und -Lösungsansätze im Kontext der Urbanisierung

Quelle: Eigene Darstellung

In diesem Abschnitt sind zwei Erkenntnisse entstanden.

Erstens sind die CASE-Bereiche und deren Problemfelder im Kontext der Urbanisierung stark interdependent. Oftmals liegt die Lösung des einen Problemfeldes in der Bereitstellung der Technologie aus einem anderen Problemfeld. Die Problemlösung ist also gesamtheitlich (als disruptiver Ansatz) zu betrachten. Der inkrementelle Ansatz, bei welchem jeder Technologie-Impuls sich singulär und sukzessive weiterentwickelt, ergibt wenig Sinn bei der Problemlösung.

⁹⁶ Das Problem der mangelnden Marktdurchdringung besteht mehr oder weniger bei allen beschriebenen Technologie-Impulsen und kann nur durch den disruptiven Ansatz zeitnah gelöst werden.

Zweitens sind die konkreten Auswirkungen nach erfolgreicher Problemlösung noch unbekannt. Dies wirft eine konkrete Frage in Form einer Forschungsfrage auf. Diese Forschungsfrage soll nachfolgend ausformuliert und mit der Aufstellung von Hypothesen konkretisiert werden.

3.3 Forschungsfrage und Forschungslücke

Diese Dissertation hat den Anspruch, eine gesamtwirtschaftliche Aussage in Bezug auf die CASE-Problematik und die Probleme der Urbanisierung zu treffen. Hierfür bietet sich die *Volkswirtschaft Deutschlands* an, dessen Wirtschaftsleistung durch Automobilkonzerne und zahlreiche Automobilzulieferer beeinflusst ist.

Zu diesem Zwecke wird im folgenden Unterabschnittspunkt zunächst die allgemeine Forschungsfrage auf Basis der Forschungslücke formuliert. Im darauf folgenden Unterabschnittspunkt werden dann Forschungshypothesen aufgestellt, welche im späteren Verlauf der Arbeit geprüft werden.

3.3.1 Allgemeine Forschungsfrage und Forschungslücke

Wenn die CASE-Problemfelder und die der Urbanisierung durch eine *Kombination der CASE-Technologie-Impulse* bereits heute gelöst werden können, stellt sich mit Blick auf die deutsche Volkswirtschaft die Frage: Welches volkswirtschaftliche Potential besitzen die vollautomatisierten und elektrischen Carsharing-Systeme?

Konkret sind die nachfolgenden Untersuchungen der übergeordneten Analyse, mit dem Titel

„Volkswirtschaftliche Potentialanalyse vollautomatisierter und elektrischer Carsharing-Systeme am Beispiel Deutschlands“,

zuzuordnen.

Mit Blick auf Abbildung 16 lohnt es sich, den Fokus dieser Analyse auf den City-Verkehr zu richten. Im Gegensatz zum Intercity-Verkehr und dem Rural-Verkehr weist der City-Verkehr einen besonders hohen Problemlösungsbedarf hinsichtlich der konzentrierten Umweltverschmutzungen, dem gestörten Verkehrsfluss und der zunehmenden Parkplatznot auf.

Andere Forscher haben bereits versucht, das Potential vollautomatisierter und elektrischer Carsharing-Systeme partiell für *einzelne Städte beziehungsweise Stadtteile* zu bestimmen. Zu

nennen wären hier Burns, Jordan und Scarborough, die den Verkehr in den Städten Ann Arbor (Michigan) und Babcock Ranch (Florida) sowie dem Stadtbezirk Manhattan (New York City) modellierten.⁹⁷ Fagnant und Kockelman simulierten die Auswirkungen eines selbstfahrenden Carsharing-Systems für die Stadt Austin (Texas).⁹⁸ Beide Veröffentlichungen können als Referenzpunkte in diesem noch jungen Forschungsfeld gesehen werden. Bei der Identifikation der Mängel beider Studien tat sich eine Forschungslücke auf.

Zu nennen sind in diesem Zusammenhang die folgenden Punkte:

- Beide Studien sind lediglich auf einzelne Städte fixiert und somit für eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung nicht zu gebrauchen. Das *Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)* differenziert für Deutschland *sieben Stadt- und Gemeindetypen* anhand der jeweiligen Einwohnergrenzen: Große Großstadt, kleinere Großstadt, größere Mittelstadt, kleinere Mittelstadt, größere Kleinstadt, kleinere Kleinstadt und Landgemeinde.⁹⁹ Um eine Analyse für den Standort Deutschland durchzuführen, ist eine Unterteilung in diese Stadt- und Gemeindetypen sinnvoll, denn die Einwohner unterschiedlicher Stadt- und Gemeindetypen weisen auch unterschiedliche Mobilitätsverhalten auf, wie sich in späteren Abschnitten zeigen wird.
- Beide Studien ersetzen in ihren Simulationen die gesamte städtische Fahrzeugflotte durch eine Flotte selbstfahrender Carsharing-Autos eines einzigen Typ: *Mittelgroße Limousinen (mid-sized sedans)*. Damit einhergehend wurden auch die *Personengruppen* bei der Pkw-Nutzung (Fahrt findet alleine, zu zweit, zu dritt, usw. statt) nicht näher betrachtet.

Die Ausdifferenzierung der Personengruppen und damit auch der benötigten *Fahrzeuggrößen* (Zweisitzer-Pkws, Fünfsitzer-Pkws und *Zehnsitzer-Pkws*) ist aus Sicht der Automobilbranche aber extrem wichtig. Nur so kann eine valide Aussage darüber getroffen werden, welche Fahrzeuggrößen in Zukunft für die neue Bedarfsdeckung produziert werden müssen.

Weiterhin können Prognosen über künftige sich verändernde *Produktionsvolumina* nur adäquat getroffen werden, wenn Fahrzeuggrößen und somit auch Personengruppen bei der Betrachtung mit einbezogen werden. Bei der Differenzierung von Personengruppen

⁹⁷ Vgl. Burns/Jordan/Scarborough (2013, S. 8-26).

⁹⁸ Vgl. Fagnant/Kockelman (2014, S. 2-21).

⁹⁹ Vgl. BBSR (2015).

und Fahrzeuggrößen kann es zum Beispiel vorkommen, dass Zweisitzer-Pkws einer intensiveren Nutzung unterliegen als Fünfsitzer-Pkws. In der Folge müssten Zweisitzer-Pkws in kürzeren Intervallen verschleißbedingt ersetzt und neu produziert werden als Fünfsitzer-Pkws. Die differenzierte Betrachtung der Reproduktionsintervalle nach Sitzplatzkapazitäten ist mit einer homogenen Fahrzeugflotte jedoch unmöglich.

- Auf Grund der oben genannten Punkte ermöglichen beide Studien auch keine Betrachtung der *Auslastungsoptimierung*. Soll heißen, dass jegliche Ineffizienzen hinsichtlich der Besetzungsgrade von Pkws heutzutage mit einer einheitlichen Simulations-Flotte von mittelgroßen Limousinen nur bedingt dargestellt werden können.¹⁰⁰ Besser eignet sich in diesem Zusammenhang die separate Modellierung mit Zweisitzer-Pkws, Fünfsitzer-Pkws und Zehnsitzer-Pkws. So kann gezeigt werden, welche Besetzungsgrade möglich sind, wenn jeder Mobilitätsbedarf mit der kleinstmöglichen Fahrzeuggröße bedient wird.

Um diese Forschungslücke zu schließen, wurden neben der allgemeinen Forschungsfrage („Welches volkswirtschaftliche Potential besitzen die vollautomatisierten und elektrischen Carsharing-Systeme in Deutschland?“) *acht Forschungshypothesen* formuliert. Diese sollen im Laufe der Arbeit verifiziert beziehungsweise falsifiziert und schließlich diskutiert werden.

3.3.2 Generierung von Forschungshypothesen

Vor der Vorstellung der Forschungshypothesen werden noch einige Prämissen, unter denen die Hypothesen später geprüft werden, besprochen.

Prämisse eins: Die Hypothesenaufstellung und Hypothesenprüfung findet auf Grundlage eines dreigeteilten Verkehrssystems mit City-Verkehr, Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr statt. Betrachtet wird dabei in einer späteren Simulation nur der City-Verkehr, da dieser heutzutage die größten Probleme hervorruft.

Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass der Intercity-Verkehr durch den Bus-, Bahn- und Flugzeugverkehr stattfindet. Der Rural-Verkehr hingegen bleibt als neues Mobilitätsfeld in der Betrachtung unbesetzt: Da bisher keine derartige Dreiteilung des Verkehrs stattgefunden hat, gibt es keinen adäquaten Ersatz für den Rural-Verkehr. Diese Prämisse ist auch der schwierigen Datenlage geschuldet: Während es

¹⁰⁰ Der Besetzungsgrad eines Fahrzeuges richtet sich nach der Anzahl der Personen in einem Fahrzeug und bezieht sich auf die Fahrzeuggröße.

zum Rural-Verkehr keine bisher erhobenen Daten gibt, liegen die des Intercity-Verkehrs sehr wahrscheinlich bei Bahnbetreibern wie der Deutschen Bahn vor. Diese geben sie verständlicherweise nicht an Dritte weiter. Wahrscheinlich ist es auch, dass die Deutsche Bahn selbst mit diesen Daten simuliert, zu welchen *Kosten pro Kilometer* CASE-Flotten auf einer Intercity-Strecke (wie von Hamburg nach Berlin zum Beispiel) operieren. Die hierfür notwendigen Intercity-Daten müssten intern bei der Deutschen Bahn vorliegen: Start- und Endzeitpunkt von Fahrten, Größe von Personengruppen, Fahrtenstrecken sowie Fahrtendauern und Fahrtenpreise als Vergleichsparameter.

Benutzt wurden in dieser Arbeit lediglich Daten des City-Verkehrs. Jegliche Auswirkungen sind vorerst als extrem zu verstehen, da sie beinhalten, dass sowohl der Intercity-Verkehr als auch der Rural-Verkehr gänzlich ohne Pkws abgewickelt werden.

Prämisse zwei: Die Begrifflichkeit „CASE-Flotten“ beinhaltet ja schon, dass der Verkehr komplett auf einem Shared Mobility-Konzept beruht. Dies bedeutet konkret, dass alle Teilnehmer im City-Verkehr Abstand vom eigentumsbasierten Privatfahrzeug nehmen und bereit sind, Zugang statt Eigentum zu präferieren. Die Prämisse ist dahingehend unrealistisch, als dass es auch im Zeitalter der CASE-Flotten immer einen Teil der Gesellschaft mit eigentumsbasierten Privatfahrzeugen geben wird. Das könnten zum Beispiel Motorsportfanatiker sein, die am Wochenende selbst auf einer Landstraße fahren und lenken möchten oder Besitzer eines Geländewagens, die es genießen, damit in den Bergen selbst zu fahren. Hier spielt natürlich auch stark das *Prestigemotiv* mit hinein. Für einen Teil der Gesellschaft ist das Automobil nur als *Statussymbol* wirksam, wenn der Fahrer einen *Exklusivanspruch* darauf hat.

Die Prämisse ist also unrealistisch, aber notwendig, da die Forschungsfrage mit einer Potentialanalyse verbunden ist. Dies bedeutet, dass vor allem das maximal ausschöpfbare Potential im Fokus des Interesses steht. Das ist wichtig, denn man kann nicht genau sagen, welche Schritte Städte bereit sind zu gehen, um ihre Probleme mit Hilfe von CASE-Flotten zu lösen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass eine Stadt wie Peking die massiven Probleme hinsichtlich Umweltbelastungen, Verkehrschaos und Parkplatzdruck mit einer reinen CASE-Flotte und einem Verbot von eigentumsbasierten privaten Pkws löst.

Sehr wahrscheinlich ist es, dass es eine *Koexistenz beider Systeme* geben wird, bei der eigentumsbasierte private Pkws mit besonderen Auflagen versehen sind. Das könnte zum Beispiel der Zwang sein, diese Pkws bei Nichtgebrauch außerhalb der Stadt parken zu lassen, oder schlichtweg eine hohe Besteuerung.

Unter diesen beiden Prämissen können nun die folgenden *acht Hypothesen* formuliert werden, welche im späteren Verlauf dieser Arbeit verifiziert beziehungsweise falsifiziert und diskutiert werden.

Hypothese eins: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bilden die Mobilitätsbedarfe im deutschen City-Verkehr mit einer geringeren Pkw-Anzahl als das System des eigentumsbasierten Privatautomobils ab.*

Hypothese zwei: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme benötigen in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern keine Straßenparkplätze (On-Street-Parkplätze), um zu operieren.*

Hypothese drei: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme erhöhen im deutschen City-Verkehr durch passgenaue Fahrzeuggrößen den Fahrzeugbesetzungsgrad im Vergleich zu Verkehrssystemen mit eigentumsbasierten Privatfahrzeugen.*

Hypothese vier: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bilden die Mobilitätsbedarfe im deutschen City-Verkehr zu geringeren Kosten als das System des eigentumsbasierten Privatautomobils ab.*

Hypothese fünf: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bilden die Mobilitätsbedarfe von Besitzern eines ÖPNV-Abonnements in Städten mit 50.000 und mehr Einwohnern zu einem geringeren Preis als der ÖPNV selbst ab.*

Hypothese sechs: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland zu einem verminderten Pkw-Produktionsvolumen.*

Hypothese sieben: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland zu einem Rückgang von Arbeitsplätzen, die direkt von der Automobilindustrie abhängen.*

Hypothese acht: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland im Vergleich zum System des eigentumsbasierten Privatautomobils zu einem erhöhten Anteil an Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr.*

Die empirische Hypothesenprüfung in Form von Verifizierung beziehungsweise Falsifizierung scheint bei einigen der hier aufgestellten Hypothesen trivial zu sein. Wirklich aussagekräftig sind in diesem Zusammenhang erst die empirischen Ausprägungen der einzelnen Hypothesenfelder, welche dann zur eingehenden Hypothesendiskussion führen. Diese wiederum dient als Grundlage für spätere Handlungsempfehlungen.

Bevor nun der empirische Teil dieser Arbeit beginnt, informiert der nächste Abschnitt über die Wahl des Forschungsansatzes und die konkrete Vorgehensweise in der Umsetzung. Hierfür wird zunächst der *Design Science Research-Ansatz* vorgestellt.

3.4 Design Science Research als Forschungsansatz

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde der Design Science Research-Ansatz gewählt. Nachdem im Folgenden ganz allgemein erläutert wird, worum es sich bei diesem Forschungsansatz handelt, soll daraufhin die konkrete Anwendung des Design Science Research-Ansatzes besprochen werden.

3.4.1 Design Science Research

Traditionelle Ansätze der Wissenschaft, egal ob in der Naturwissenschaft oder in der Sozialwissenschaft, zielen darauf ab, existierende Phänomene zu beschreiben und zu erklären. Die übergeordnete Fragestellung, die hierbei im Vordergrund steht, beginnt mit dem „Was ist“.

Problematisch ist dieser Ansatz, wenn die Forschung Fragen beantworten möchte, die mit dem „Was könnte sein“ beginnen.¹⁰¹ Eben diese zweite Fragestellung versucht der Design Science Research-Ansatz, der durch Hevner et al. geprägt wurde, zu beantworten.¹⁰²

Man könnte sagen, dass die traditionelle Wissenschaft auf *Wahrheit* abzielt und der Design Science Research-Ansatz darüber hinaus auf *Nützlichkeit* gerichtet ist. Ursprünglich stammt die Herangehensweise der Design Science aus dem Bereich der *Informationstechnologie (IT)* beziehungsweise der Ingenieurwissenschaft. Mit zunehmendem Wachstum des Wissens über Informationssysteme wurden diese Informationssysteme auch zunehmend in Bereichen angewendet, in denen man sie sich vorher nicht vorstellen konnte.¹⁰³ In der Reaktion hierauf

¹⁰¹ Vgl. Aken/Romme (2012, S. 43-57).

¹⁰² Vgl. Hevner et al. (2004, S. 75-100).

¹⁰³ Vgl. Markus/Majchrzak/Gasser (2002, S. 180).

entwickelte sich ein neuer Forschungsansatz, der versuchte, das „Was könnte sein“ zu beantworten – der Design Science Research-Ansatz.

Der Design Science Research-Ansatz findet an verschiedenen Einrichtungen renommierter Universitäten wie dem *MIT Media Lab* oder dem *Center for Design Research* der Stanford-Universität Anwendung.¹⁰⁴

Im Rahmen des Design Science Research-Ansatzes werden sogenannte *Artefakte* entwickelt, die einem *Evaluierungsprozess* dienen und optimalerweise ständiger *Iteration* unterliegen.

Hevner et al. unterscheiden *vier Arten von Artefakten*, die hierfür entwickelt werden können.¹⁰⁵

- 1) **Constructs:** Constructs umfassen Vokabular und Symbole. Sie stellen die Sprache bereit, in welcher das Problem und die Lösung definiert und kommuniziert wird.
- 2) **Models:** Models repräsentieren Teilbereiche der realen Welt in vereinfachter Form und können eine konkrete Problemstellung abbilden.
- 3) **Methods:** Methods sind definiert durch Prozesse, welche eine Problemlösung herbeiführen.
- 4) **Instantiations:** Instantiations stellen Praxisanwendungen in Form von *Prototypen* dar, welche zeigen, dass Constructs, Models und Methods auf die reale Welt übertragbar sind.

¹⁰⁴ Vgl. Design Science Research (2004).

¹⁰⁵ Vgl. Hevner et al. (2004, S. 77).

In welcher Verbindung diese Artefakte mit dem Evaluierungs- und Iterationsprozess stehen, beschreiben Hevner et al. anhand des *Information Systems Research Frameworks* in Abbildung 21.

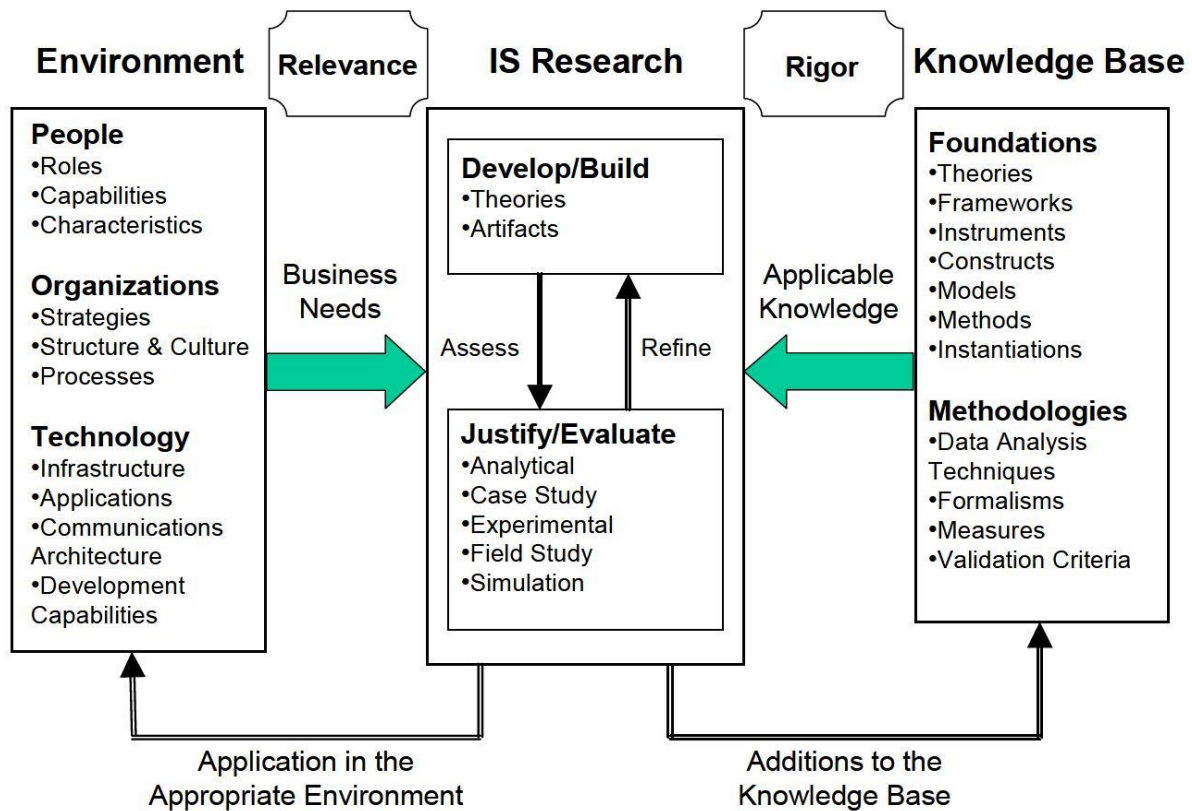


Abbildung 21: Information Systems Research Framework

Quelle: Hevner et al. (2004, S. 80).

Der Information Systems Research Framework zeigt auf der linken Seite den Bereich *Umwelt (Environment)*. Hierzu zählen Menschen, Organisationen und Technologien. Aus dieser Umwelt heraus ergeben sich konkrete *Problemfelder (Business Needs)*, welche an den *Information Systems Research-Bereich (IS Research-Bereich)* gerichtet sind. Zur Lösung der Probleme werden hier nun Artefakte entwickelt, mit Hilfe derer dann beispielsweise eine empirische Evaluierung stattfinden kann. Nach der *Evaluierung (Assess)* können die Artefakte weiterentwickelt beziehungsweise *iteriert (Refine)* und erneut angewendet werden. Für den Prozess der Artefakte Entwicklung und Evaluierung bedient sich der Information Systems Research-Bereich an der *bestehenden Wissensbasis (Knowledge Base)*. Mit jedem Evaluierungsprozess kann der Information Systems Research-Bereich *konkrete Problemlösungsansätze für die reale Welt generieren (Application in the Appropriate Environment)* und die *Wissensbasis erweitern (Additions to the Knowledge Base)*.

Die Bereiche sind durch Kreisläufe miteinander verbunden. Zwischen dem Umwelt-Bereich

und dem Information Systems Research-Bereich besteht ein *Relevanz-Kreislauf (Relevance)*. Bei diesem entspringen Problemfelder in der Umwelt und werden am Ende als Problemlösungsansätze vom Information Systems Research-Bereich an die Umwelt zurückgegeben. Zwischen dem Information Systems Research-Bereich und dem Bereich der Wissensbasis besteht ein *Rigor-Kreislauf (Rigor)*. Der Information Systems Research-Bereich wird mit Wissen der Wissensbasis versorgt und steuert der Wissensbasis nach jeder Iteration neues Wissen bei. Der dritte und letzte Kreislauf befindet sich innerhalb des Information Systems Research-Bereiches und kann als *Design-Kreislauf* bezeichnet werden. Er ist gekennzeichnet vom Zusammenspiel der Artefakte und der Evaluierung. Bei diesem Zusammenspiel werden die Artefakte beispielsweise auf einen Datensatz angewendet (Assess) und danach angepasst (Refine).

Recker hat in späteren Jahren eine vereinfachte Darstellung des Information Systems Research Frameworks unter dem Namen *Design Science Research Framework* veröffentlicht. In diesem sind die Kreisläufe des Design Science Research-Ansatzes noch expliziter als bei Hevner et al. dargestellt (siehe Abbildung 22).

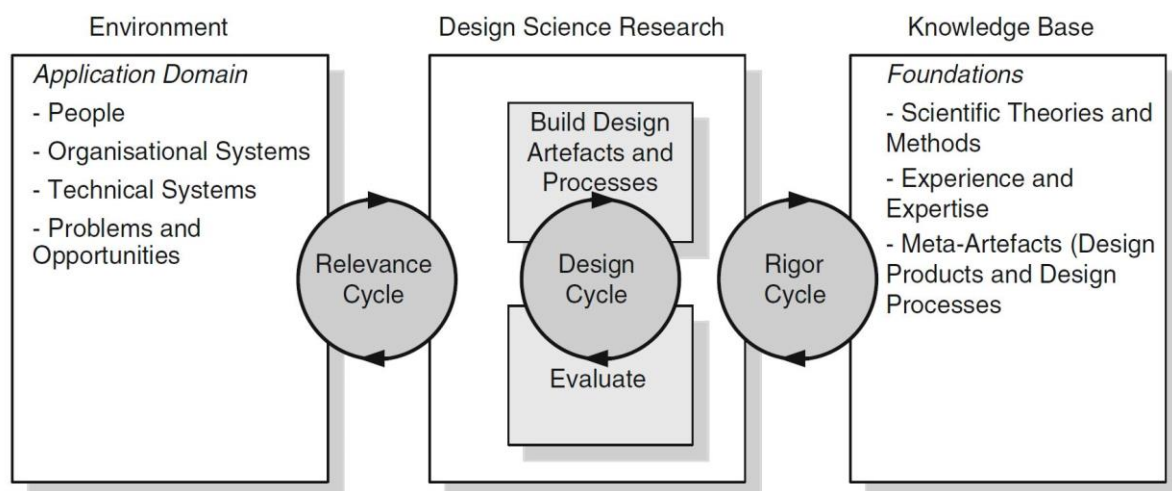


Abbildung 22: Design Science Research Framework

Quelle: Recker (2013, S. 107).

Da CASE-Flotten heutzutage noch nicht im Einsatz sind, bietet sich der Design Science Research-Ansatz an, um die vorliegende Forschungsfrage zu beantworten. Mit der Potentialanalyse soll also die Frage nach dem „Was könnte sein“ beantwortet werden. Wie sich die Forschungsfrage konkret in das Design Science Research Framework einordnen lässt, soll Inhalt des nächsten Unterabschnittspunktes sein.

3.4.2 Design Science Research im Kontext von CASE

Schaut man noch einmal auf Abbildung 21 und Abbildung 22, wird man feststellen, dass im Rahmen des Design Science Research Frameworks einige Informationen zur Beantwortung der Forschungsfrage bereits vorhanden sind und andere noch fehlen.

Für den Umwelt-Bereich zum Beispiel liegen bereits alle Informationen vor: Die Forschungsfrage adressiert die deutsche Volkswirtschaft. Daraus ergibt sich, dass die Menschen, um die es sich handelt, die Einwohner Deutschlands sind. Das Feld Organisationen richtet sich in erster Linie an die Daimler AG, aber kann auch öffentliche Institutionen meinen wie das *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)*.

Schlussendlich soll aus der Beantwortung der Forschungsfrage eine Handlungsempfehlung entstehen, welche nicht nur an die Automobilbranche, sondern auch an Institutionen, die Rahmenbedingungen setzten (wie zum Beispiel das BMVI), gerichtet ist. Neben der Daimler AG spielen im Bereich der Umwelt andere Branchenakteure in Form von Konkurrenten eine Rolle. Das könnte ein traditioneller Konkurrent wie die *Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW AG)* sein oder auch ein neuer Player im Markt wie Uber beziehungsweise *Alphabet (Google Holding)*.

Das Technologiefeld ist, wie bereits ausführlich beschrieben, durch die vier CASE-Technologie-Impulse definiert. Das Problemfeld wird durch die vier CASE-Problemfelder und die Urbanisierung als Problemfeld dargestellt. In diesem Zusammenhang stellen die CASE-Technologie-Impulse auch gleichzeitig die Chance dar, um zu einer Problemlösung zu gelangen.

Der Design Science Research-Bereich ist im Vergleich zum Umwelt-Bereich gänzlich unbesetzt. Bisher wurden weder Artefakte entwickelt noch Möglichkeiten der Evaluierung geschaffen. Um diese Lücke zu schließen, werden in den nächsten Abschnitten verschiedene Artefakte entwickelt und eine empirische Evaluierungsgrundlage bereitgestellt.

Es entstehen die Artefakte *CASE-Vokabular (Constructs)*, *CASE-Modell (Models)* und *CASE-Simulation (Methods)*. Die Praxisanwendung in Form von Prototypen (Instantiations) bleibt so lange offen, bis die rechtlichen Rahmenbedingungen CASE-Flotten begünstigen.

Als empirische Grundlage der Evaluierung dient der *Mobilität in Deutschland 2008*

Datensatz.¹⁰⁶ Darüber hinaus werden *ergänzende Datenquellen* für die Evaluierung herangezogen. Hinsichtlich des Iterationsanspruches lässt sich sagen, dass die bisher getätigten Modellierungen von Burns, Jordan und Scarborough beziehungsweise die von Fagnant und Kockelman im Design Science Research-Modus vollzogen wurden und erste Iterationsstufen darstellen.¹⁰⁷ Die vorliegende Arbeit stellt weiterentwickelte Artefakte und neue Evaluierungsgrundlagen bereit und ist somit als Iteration der Vorgängermodelle zu sehen.

Für den Evaluierungsprozess und die Beantwortung der Forschungsfrage wird auf den Bereich der Wissensbasis zugegriffen. Neben der deskriptiven Statistik finden hierbei die Total Cost of Ownership-Analyse, die analytische Simulation und der quantitative Vergleich mit dem Ist-Zustand Verwendung.

¹⁰⁶ Vgl. Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

¹⁰⁷ Vgl. Burns/Jordan/Scarborough (2013, S. 8-26) und Fagnant/Kockelman (2014, S. 2-21).

Abbildung 23 veranschaulicht den Design Science Research-Ansatz im Kontext von Forschungsfrage und Lösungsbereitstellung in dieser Arbeit.

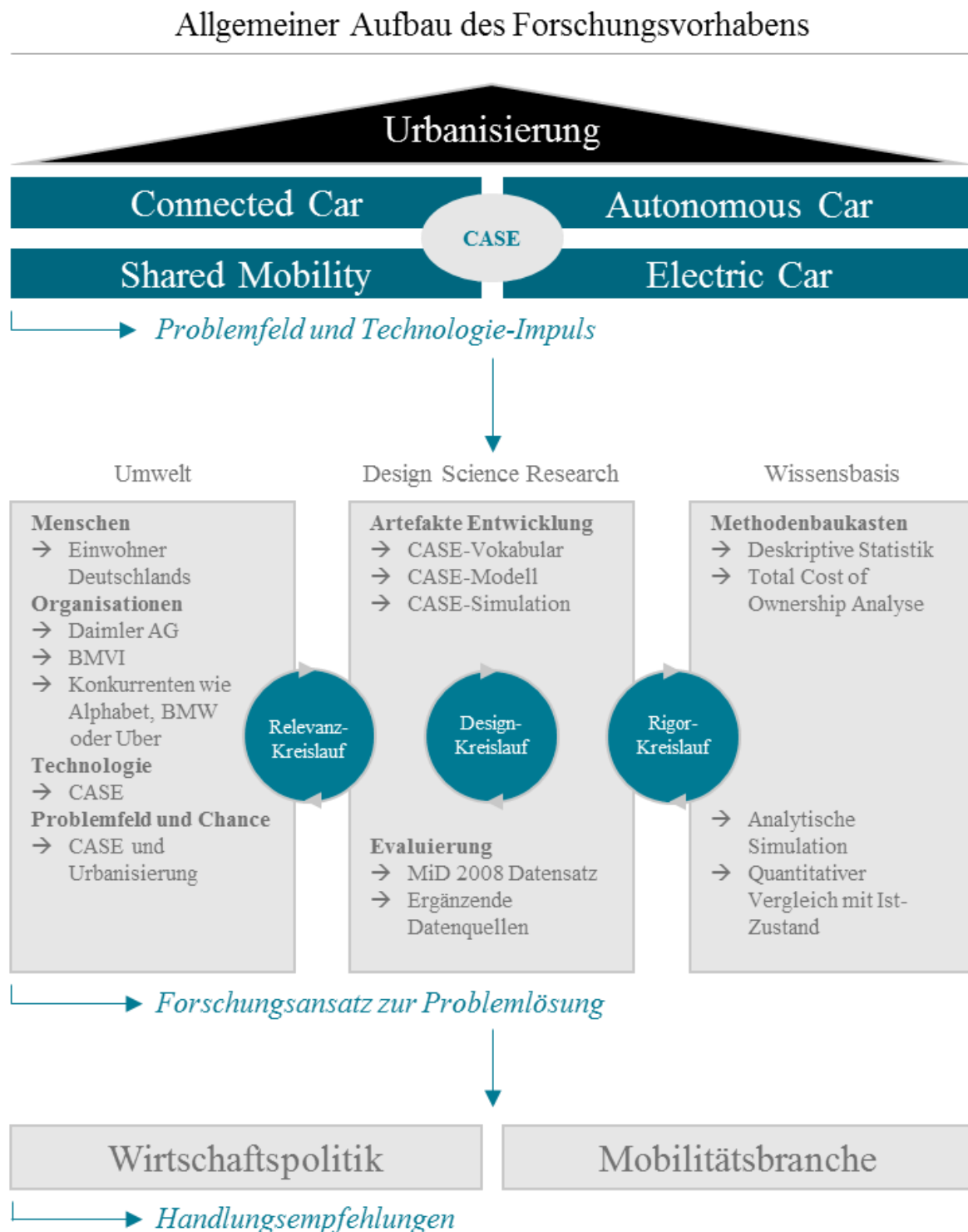


Abbildung 23: Allgemeiner Aufbau des Forschungsvorhabens

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hevner et al. (2004, S. 80) und Recker (2013, S. 107).

Nachdem nun der Design Science Research-Ansatz und die Einordnung der Forschungsfrage in dessen Design Science Research Framework besprochen wurde, soll nachfolgend erläutert

werden, welche *Datenquellen* für die Evaluierung herangezogen und welche Artefakte entwickelt wurden.

3.5 Empirische Grundlage für die Evaluierung

Zunächst soll ein Blick auf die empirische Grundlage für die Evaluierung geworfen werden, bevor die Entwicklung der Artefakte (CASE-Vokabular, CASE-Modell und CASE-Simulation) besprochen wird. Erst mit dem Wissen um die Datenlage ergeben die entwickelten Artefakte im Kontext einen Sinn.

Hierzu wird der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz vorgestellt. Es folgt die Beschreibung ergänzender Datenquellen, die als empirische Aufstockung für die Evaluierung herangezogen wurden.

3.5.1 Der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz

Der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz entstand aus einer bundesweiten Befragung zum alltäglichen Verkehrsverhalten der deutschen Einwohner, die im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur durchgeführt wurde.¹⁰⁸ Durchführendes Institut bei der Befragung war das *infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft*.

¹⁰⁸ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008a).

Die Basiserhebung umfasste die Angaben von 25.922 *Haushalten*, 60.713 *Personen*, 193.290 *Wegen* und 34.601 *Fahrzeugen*.¹⁰⁹ Diese Kennzahlen werden im Laufe der Analyse immer wieder auftauchen. Deshalb sind diese noch einmal in Abbildung 24 übersichtlich festgehalten.

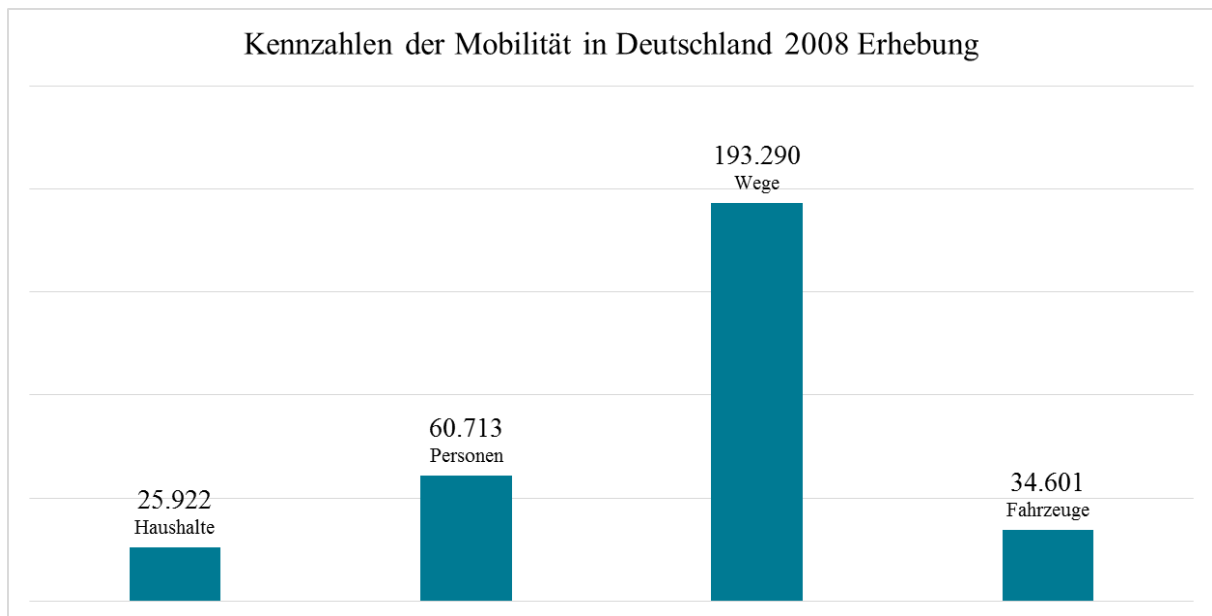


Abbildung 24: Kennzahlen der Mobilität in Deutschland 2008 Erhebung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die Stichprobe basiert auf einer *zufälligen Ziehung von Adressen* aus dem Einwohnermelderegister. Diese Ziehung erfolgte in *zwei Stufen*.

In einer *ersten Ziehung* wurden zunächst die Gemeinden, für die Adressen gezogen werden sollten, bestimmt. Zur Gewährleistung einer *räumlichen und siedlungsstrukturellen Repräsentativität der Stichprobe* wurden die Gemeinden nach Bundesland und Raumtyp *kontrolliert*. Es wurden insgesamt 270 Gemeinden ausgewählt.

In der *zweiten Stufe* folgte eine *zufallsgesteuerte Adressziehung von Personen ab 14 Jahren* aus den Einwohnermelderegistern dieser Gemeinden. Die Entscheidung für eine Einwohnermeldeamtsstichprobe basiert darauf, dass nur dieses Stichprobenverfahren für alle Personen der Grundgesamtheit eine grundsätzlich gleiche Auswahlwahrscheinlichkeit garantiert.

Die Verteilung der Stichprobe nach Bundesländern basiert auf einem *weitgehend proportionalen Ansatz zur jeweiligen Bevölkerung*. Nur für einzelne kleine Bundesländer wurde unabhängig vom Bevölkerungsanteil eine Mindestzahl von 750 Haushalten, zur

¹⁰⁹ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008b).

Generierung einer ausreichenden Analysebasis, angestrebt.

Auf Grundlage der Ziehung wurde die eigentliche Erhebung dann in *zwei aufeinanderfolgenden Phasen* durchgeführt:

In der ersten Phase wurde eine Haushaltsbefragung durchgeführt, bei der Informationen zu Haushaltsgröße, Angaben zu einzelnen Haushaltsmitgliedern und den im Haushalt vorhandenen Verkehrsmitteln erhoben wurden. Die Angaben hierzu wurden von einem Haushaltsmitglied stellvertretend für alle Haushaltsmitglieder gemacht. Bei der Durchführung der Haushaltsbefragung kamen die drei Instrumente *PAPI (Paper And Pencil Interview)*, *CATI (Computer Assisted Telephone Interview)* und *CAWI (Computer Assisted Web Interview)* zum Einsatz.

In der zweiten Phase wurden dann alle Haushaltsmitglieder einzeln nach persönlichen Merkmalen und nach den Wegen an einem fest vorgegebenen Stichtag befragt. Hierbei wurde jede Person selbst befragt, wenn möglich. Dieses Personen- und Wegeinterview erfolgte ausschließlich telefonisch.

Besonders anzumerken ist hierbei, dass die Haushaltsmitglieder im Alter zwischen null und 14 Jahren auch bei der Befragung durch einen Stellvertreter berücksichtigt wurden. Damit repräsentiert die Erhebung altersunabhängig die gesamte deutsche Bevölkerung und deren Mobilitätsverhalten aus dem Jahr 2008.

Zur genaueren Erklärung von Abbildung 24 sei an dieser Stelle der grundlegende Begriff des *Weges* näher erläutert: Man spricht von einem Weg, wenn sich eine Person außer Haus zu Fuß oder mit anderen Verkehrsmitteln von einem Ort zu einem anderen bewegt. Hin- und Rückweg werden als zwei Wege gezählt.

Die Feldzeit der Studie erstreckte sich kontinuierlich über etwas mehr als ein Jahr von *Ende Januar 2008 bis Mitte April 2009*. Grund für den verspäteten Feldstart in 2008 und die sich überlappende Feldzeit in den Monaten Februar bis April waren Verzögerungen in der Stichprobenbereitstellung durch einige Gemeinden. Die Feldarbeit erfolgte stichtagsorientiert. Der Einsatz der Adressen wurde nahezu gleichverteilt über alle Tage des Jahres geplant.¹¹⁰ Darüber hinaus ist festzustellen, dass die Erhebung auf Grund des hohen Stichprobenumfanges und der hohen methodischen Qualität besonders *niedrige Fehlerwerte* aufweist.

¹¹⁰ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008c).

Bei der Mobilität in Deutschland 2008 Befragung wurden zwölf Pkw-Segmente in Anlehnung an die Unterteilung des *Kraftfahrt-Bundesamtes* unterschieden.¹¹¹

Abbildung 25 veranschaulicht diese Unterteilung.

Pkw-Segmente nach Kraftfahrt-Bundesamt aus dem Jahr 2008		
Minis	Kleinwagen	Kompaktklasse
Mittelklasse	Obere Mittelklasse	Oberklasse
Geländewagen	Sportwagen	Mini-Vans
Großraum-Vans	Utilities	Wohnmobile

Abbildung 25: Pkw-Segmente nach Kraftfahrt-Bundesamt aus dem Jahr 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008d).

Weiterhin wurde der Wohnsitz der Befragten nach den sieben differenzierten Stadt- und Gemeindetypen aus dem Jahr 2006 des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung unterschieden.¹¹²

¹¹¹ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008d). In den nachfolgenden Jahren hat das Kraftfahrt-Bundesamt die zwölf Pkw-Segmente um das Pkw-Segment *SUVs* erweitert (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2016)).

¹¹² Vgl. Mobilität in Deutschland (2008d) und Burgdorf et al. (2012, S. 30-32).

Die genauen Einwohnergrenzen der Stadt- und Gemeindetypen sind in Abbildung 26 aufgeführt.



Abbildung 26: Einwohnergrenzen der Stadt- und Gemeindetypen nach BBSR

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008d) und Burgdorf et al. (2012, S. 30-32).

In diesem Zusammenhang sei vorweggenommen, dass für die späteren Auswertungen zusätzlich Rohdaten in Form einer *Volkszählung* aus dem Jahr 2008 des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung herangezogen wurden.¹¹³ Dieser zusätzlich herangezogene Datensatz ermöglicht die Unterteilung der deutschen Bevölkerung aus dem Jahr 2008 nach den sieben differenzierten Stadt- und Gemeindetypen.

Die Mobilität in Deutschland 2008 Erhebung wurde als Datengrundlage für die Evaluierung gewählt auf Grund des hohen Stichprobenumfanges und der vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten. Die Inhalte der Erhebung sind auch heute noch aktueller denn je.

¹¹³ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen (2008).

Wie man im zweiten Kapitel gesehen hat, änderte sich im Verkehr seit dem Jahr 2008 nichts grundlegend in Deutschland.

Die Anzahl der Carsharing-Nutzer und Carsharing-Fahrzeuge in Deutschland ist seither zwar gestiegen (siehe auch Abbildung 8), die täglichen Nutzungszeiten von Carsharing-Fahrzeugen jedoch übersteigen nicht die von eigentumsbasierten privaten Fahrzeugen. Elektrofahrzeuge sind nach wie vor kaum wettbewerbsfähig und wenig verbreitet in Deutschland. Die Vernetzung und Automatisierung der Fahrzeuge vollzieht sich mit einer relativ langsamen Evolutionsgeschwindigkeit.

Hier wurden also seit 2008 keine Innovationen hervorgebracht, welche den Verkehr grundlegend verändern. Zur Beantwortung der hier vorliegenden Forschungsfrage beziehungsweise für die Beurteilung der aufgestellten Hypothesen ist der Datensatz aus diesem Gesichtspunkt heraus gut geeignet.

3.5.2 Ergänzende Datenquellen als empirische Aufstockung

Auf Basis des Mobilität in Deutschland 2008 Datensatzes müssen für eine Evaluierung weitere Datenquellen herangezogen werden.

In Anlehnung an die im MiD-2008-Datensatz genutzte Unterteilung der Fahrzeuge in die zwölf Pkw-Segmente nach Kraftfahrt-Bundesamt aus dem Jahr 2008 wurden *zwölf repräsentative Fahrzeuge* mit Daten aus der *ADAC-Autodatenbank* gebildet.¹¹⁴ Die Bildung der repräsentativen Fahrzeuge orientierte sich an den *Pkw-Neuzulassungen* aus dem gesamten Jahr 2008 in Deutschland.¹¹⁵ Jedes der zwölf repräsentativen Fahrzeuge setzt sich in seinen Eigenschaften aus den *gleichgewichteten Top drei der neuzugelassenen Pkws im jeweiligen Fahrzeugsegment* zusammen.¹¹⁶

¹¹⁴ Vgl. ADAC (2017a).

¹¹⁵ Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2008).

¹¹⁶ „Top drei“ wird in diesem Zusammenhang als Synonym benutzt und bezeichnet die drei höchsten und besten Platzierungen.

Abbildung 27 veranschaulicht die Top drei der neuzugelassenen Pkws im jeweiligen Fahrzeugsegment aus dem Jahr 2008.

Top drei der neuzugelassenen Pkw-Modelle in Deutschland 2008

Minis Smart Fortwo Renault Twingo Fiat 500	Kleinwagen VW Polo Opel Corsa Skoda Fabia	Kompaktklasse VW Golf* Opel Astra BMW 1er
Mittelklasse Audi A4* Mercedes-Benz C-Klasse VW Passat	Obere Mittelklasse Audi A6* BMW 5er Mercedes-Benz E-Klasse	Oberklasse Mercedes-Benz S-Klasse Audi A8* BMW 7er
Geländewagen VW Tiguan BMW X3 BMW X5	Sportwagen Audi TT Mercedes-Benz SLK Porsche 911	Mini-Vans Mercedes-Benz B-Klasse Opel Meriva Seat Altea*
Großraum-Vans VW Touran Opel Zafira Ford S-Max	Utilities VW Transporter* VW Caddy Renault Kangoo	Wohnmobile Fiat Ducato Ford Transit* Renault Master*

* Aufgeführte Modelle stehen stellvertretend für Produktgruppen.

Abbildung 27: Top drei der neuzugelassenen Pkw-Modelle in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kraftfahrt-Bundesamt (2008).

Genaue Platzierungen und die Anzahl der jeweiligen Neuzulassungen sind in Anhang eins dokumentiert.

Innerhalb des Fahrzeugsegmentes Mini beispielsweise wurden in Deutschland im Jahr 2008 die Modelle *Smat Fortwo*, *Renault Twingo* und *Fiat 500* am häufigsten neuzugelassen. Die Neuzulassungszahlen beliefen sich auf 33.766 Fahrzeuge des Modells smart Fortwo, 22.151 Fahrzeuge des Modells Renault Twingo und 18.173 Fahrzeuge des Modells Fiat 500.

Trotz der unterschiedlichen Neuzulassungszahlen wurde bei der Bildung des repräsentativen Fahrzeuges beziehungsweise Fahrzeugsegmentes eine Gleichgewichtung für die Top drei angewendet. Ziel war es, die Präferenzen im deutschen Automobilmarkt aus dem Jahr 2008 abzubilden. Hierfür hätte man auch den alleinigen Spitzenreiter im jeweiligen Fahrzeugsegment als repräsentatives Fahrzeug nehmen können. Die Einbeziehung und

Gleichgewichtung von Platz zwei und drei dient mehr einer *Glättung zufälliger extremer Ausprägungen* einzelner Modelle.

Wie man später sehen wird, herrschen zum Beispiel unter den Top drei der Sportwagen noch extreme Unterschiede bezüglich der *Listenpreise*. Man tut also gut daran, nicht nur den Spitzenreiter, sondern auch Platz zwei und Platz drei miteinzubeziehen. Hierbei stellt die Gleichgewichtung ein gutes Mittel der Glättung bereit. Eine spezifische Gewichtung nach den Verhältnissen der Neuzulassungszahlen ist hier nicht notwendig.

Nach der Bestimmung der Top drei der Neuzulassungen im jeweiligen Fahrzeugsegment wurden Modell-spezifische Informationen, die Grundpreis, jährlich anfallende Kfz-Steuer, CO₂-Ausstoß und Kraftstoffverbräuche betreffen, über die ADAC-Autodatenbank herangezogen (siehe hierzu auch Anhang zwei).

Bei der Suche innerhalb der ADAC-Autodatenbank wurden die Modelle nach den folgenden Kriterien ausgewählt: Im optimalen Fall erstreckte sich der Produktionszeitraum über das gesamte Jahr 2008 (und umliegende Jahre). War dies nicht der Fall, wurde die *Baureihe* (mit spezifischem *Typen*) ausgewählt, deren Produktionszeitraum mindestens die Hälfte des Jahres 2008 oder mehr einnahm. Nach dieser Eingrenzung wurde dann jeweils das günstigste Fahrzeug bezogen auf den *Grundpreis* ausgewählt.

Es ist festzustellen, dass eine Abbildung des Pkw-Bestandes, welche sich an den Neuzulassungen aus dem Jahr 2008 orientiert, nicht exakt den realen Pkw-Bestand aus dem Jahr 2008 widerspiegeln kann. Schließlich befanden sich in dem Jahr nicht nur neue Modelle im Verkehr, sondern auch ältere Jahrgänge. Diese Vorgehensweise spiegelt lediglich die Präferenzen der deutschen Autofahrer aus dem Jahr 2008 und stellt eine solide Basis für eine spätere Vergleichsanalyse dar. Verglichen wird der Verkehr beziehungsweise der Pkw-Bestand aus dem Jahr 2008 mit dem Einsatz von CASE-Flotten. Dabei ist die Exaktheit der widergespiegelten Basis (Pkw-Bestand in 2008) nebensächlich – entscheidend ist das *Aufzeigen von Relationen* zwischen der Situation in 2008 und einer möglichen Situation mit CASE-Flotten.

Um das Verkehrsgeschehen aus dem Jahr 2008 sauber abbilden zu können, wurden die Preise für die Kraftstoffarten *Motorenbenzin* (kurz: *Benzin*) und *Dieselmotorenkraftstoff* (kurz: *Diesel*) beziehungsweise der *Energiepreis für Strom* aus diesem Jahr bestimmt.

Abbildung 28 stellt eine Übersicht hierzu bereit.

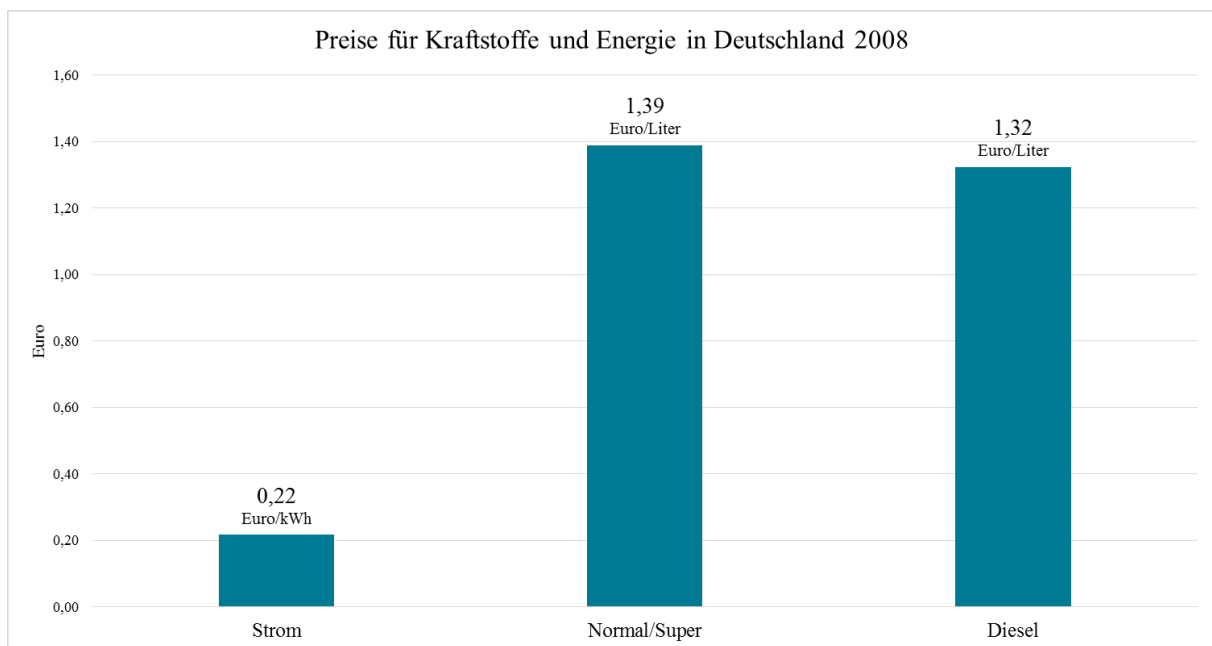


Abbildung 28: Preise für Kraftstoffe und Energie in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017b) und BDEW (2015).

Wenn nun das Verkehrsgeschehen in Deutschland aus dem Jahr 2008 mit einer Simulation aus CASE-Flotten verglichen werden soll, werden auch Kennzahlen zu Elektrofahrzeugen benötigt. Schließlich zeichnen sich CASE-Flotten dadurch aus, dass sie rein elektrisch funktionieren.

Für die spätere Simulation genügen *sechs repräsentative Elektrofahrzeuge beziehungsweise Fahrzeugsegmente*: Elektrische Minis, Kleinwagen, Kompaktklassen, Mittelklassen, Oberklassen und Wohnmobile. Hiermit können drei verschiedene Szenarien mit CASE-Flotten simuliert werden: Das *Effizienz-Szenario* (Minis, Kompaktklassen, Wohnmobile), das *Normal-Szenario* (Minis, Mittelklassen, Wohnmobile) und das *Luxus-Szenario* (Kleinwagen, Oberklassen, Wohnmobile).

Auf Grund der noch geringeren Verbreitung von Elektrofahrzeugen im Jahr 2008 als heute konnte methodisch bei der Wahl der repräsentativen Elektrofahrzeuge nicht wie bei den konventionellen Modellen vorgegangen werden.

Von Interesse war lediglich der *Stromverbrauch* der repräsentativen Elektrofahrzeuge. Grundpreis und die Höhe der Besteuerung wurden von den repräsentativen konventionellen Fahrzeugen aus dem Jahr 2008 übernommen. Hintergrund dessen ist, dass sich wie in Unterabschnittspunkt 3.2.4 bereits erläutert der Anschaffungspreis für Elektrofahrzeuge in den nächsten Jahren an den von konventionellen Fahrzeugen angleichen wird. Hinsichtlich der

Besteuerung stellt die Übernahme der Kfz-Steuersätze der repräsentativen konventionellen Fahrzeuge für die repräsentativen Elektrofahrzeuge eine sehr konservative Vorgehensweise dar. Denn seit dem 18. Mai 2011 sind Elektrofahrzeuge für die ersten zehn Jahre im Gebrauch steuerbefreit.¹¹⁷

Bei der Ermittlung repräsentativer Stromverbräuche für die sechs Fahrzeugsegmente wurden die in Abbildung 29 aufgeführten Elektro- und Hybridfahrzeuge herangezogen.

Repräsentative Elektro- und Hybridfahrzeuge nach Fahrzeugsegment

Minis smart fortwo coupé electric drive	Kleinwagen BMW i3	Kompaktklasse VW e-Golf
Mittelklasse Mercedes-Benz C 350 e	Oberklasse Mercedes-Benz S 500 e	Wohnmobile Mercedes-Benz Vito E-CELL

Abbildung 29: Repräsentative Elektro- und Hybridfahrzeuge nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a) und Mercedes-Benz (2012).

Auf Grund der geringen Anzahl an Elektrofahrzeugen im Markt wurde das Auswahlkriterium erweitert. In der Liste der Neuzulassungen aus dem Jahr 2008 wurde von Platz eins abwärts geprüft, ob es jahresunabhängig bis zum Stichtag am 1. September 2016 eine Elektro- oder Hybridversion des jeweiligen Modells gab. Das erste Modell, welches dieses Kriterium im jeweiligen Segment erfüllte, wurde dann als repräsentatives Modell verwendet.

Mit dieser Methode konnten alle Segmente mit repräsentativen Elektro- beziehungsweise Hybridfahrzeugen besetzt werden bis auf das Segment des Kleinwagens. Hier wurde ersatzweise der BMW i3 als einzig passendes Modell herangezogen. Die genauen Stromverbräuche und -kosten der repräsentativen Elektro- und Hybridfahrzeuge nach Fahrzeugsegment sind in Anhang drei dokumentiert.

Nachdem nun die repräsentativen Fahrzeuge sowie die Preise für Kraftstoffe und Energie im deutschen Mobilitätsmarkt bestimmt wurden, fehlen für eine spätere *Total Cost of Ownership (TCO)*-Kalkulation noch Zahlen bezüglich der *Pkw-Nebenkosten* für das Jahr 2008.

Die *Deutsche Automobil Treuhand (DAT)* und der *Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)* stellen in diesem Zusammenhang Daten aus dem Jahr 2008

¹¹⁷ Vgl. Zoll (2017).

für Deutschland bereit (siehe Abbildung 30).

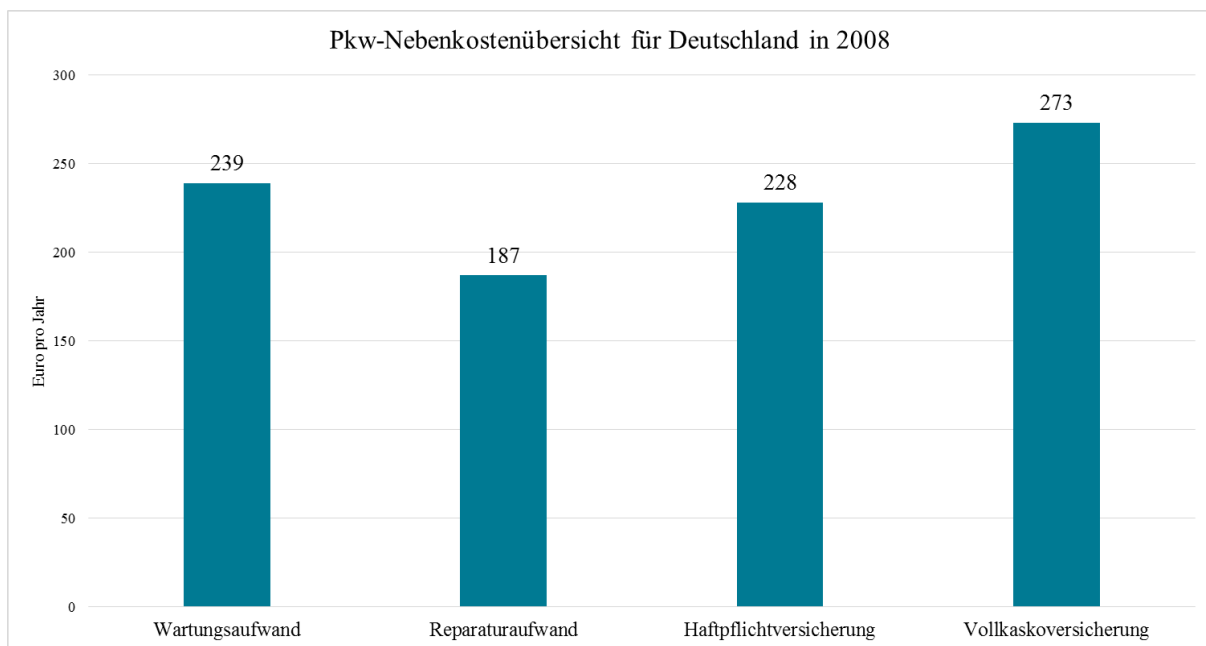


Abbildung 30: Pkw-Nebenkostenübersicht für Deutschland in 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an DAT (2016) und GDV (2017).

Auf Basis der in diesem Abschnitt besprochenen Daten kann eine spätere Evaluierung stattfinden. Zusätzlich stellt das Wissen über die empirische Grundlage einen Kontext bereit, in dem die *Entwicklung der Artefakte* vollzogen werden kann.

3.6 Entwicklung der Artefakte

Ziel dieser Arbeit ist es eine Vergleichsanalyse bereitzustellen, welche den Verkehr in Deutschland im Jahr 2008 mit einem Szenario bestehend aus CASE-Flotten vergleicht. Mit der vorgestellten empirischen Grundlage lässt sich das Verkehrsgeschehen in Deutschland in 2008 ohne Weiteres darstellen. Wie in Abschnitt 3.4 bereits erläutert, werden nun Artefakte entwickelt, um den Ist-Zustand aus dem Jahr 2008 mit einem alternativen Zustand vergleichen zu können.

Das erste hier entwickelte Artefakt zählt zu den Constructs nach Hevner et al. und umfasst das CASE-Vokabular. Das CASE-Vokabular beinhaltet eine Reihe von Begrifflichkeiten, die speziell für die Problemstellung und Problemlösung dieser Arbeit entwickelt wurden. Hierzu zählen die neuen Begrifflichkeiten CASE-Modell, CASE-Annahmen, CASE-Kriterium und CASE-Simulation. Sie werden nachfolgend besprochen und anhand eines Praxisbeispiels erläutert.

3.6.1 CASE-Modell und -Simulation: Grundlegende Annahmen

Das zweite hier entwickelte Artefakt zählt zu den Models nach Hevner et al. und umfasst das CASE-Modell. Das CASE-Modell stützt sich auf die CASE-Annahmen.

Das CASE-Modell soll vereinfachend darstellen, welche Potentiale die vier Megatrends Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car im Kontext der Urbanisierung in Deutschland entfalten können.

Im Zuge dessen wird der Pkw-Verkehr in Deutschland innerhalb des CASE-Modells unter den folgenden CASE-Annahmen betrachtet.

- **CASE-Flotten:** Die vier Megatrends Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car haben sich in Deutschland durchgesetzt. Es kommt zu keiner Bildung von Verkehrsstau und Ampelsysteme werden nicht benötigt. Jede Mobilitätsnachfrage wird mit Flotten vollautomatisierter und elektrischer Carsharing-Fahrzeuge bedient.
- **Rechtlicher Rahmen:** Die deutsche Gesetzgebung hat rechtswirksame Rahmenregelungen für den Einsatz von CASE-Flotten im Straßenverkehr definiert. Vollautomatisierte Fahrzeuge wurden legalisiert.
- **Dreiteilung des Verkehrs:** Der Verkehr in Deutschland wird in die Systeme City-Verkehr, Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr geteilt. Betrachtet wird innerhalb des CASE-Modells ausschließlich der City-Verkehr. Die Geschäftsgebiete der jeweiligen Cities sind hierbei einwohnerbezogen und abgegrenzt durch die Stadtgrenzen. Als City zählen alle deutschen Städte mit 10.000 oder mehr Einwohnern.
- **Exkludierte Bereiche:** Der Intercity-Verkehr wird durch die Verkehrsmittel Bus, Bahn und Flugzeug geregelt. Der Rural-Verkehr bleibt als unbesetztes Feld offen und außerhalb der Betrachtung. Gemeinden mit weniger als 10.000 Einwohnern sind zwar Teil der Betrachtung, in diesen wird jedoch die Verkehrsnachfrage nach wie vor mit eigentumsbasierten privaten Fahrzeugen bedient.
- **Spezifische Mobilitätsverhalten in Städtetypen:** Die Mobilitätsverhalten werden nach Städtetypen differenziert und je Städtetyp kumuliert betrachtet.
- **Oligopol Struktur im Markt:** Deutsche Cities sind immer mit genau einem Anbieter von CASE-Flotten besetzt. Es kann also deutschlandweit verschiedene Anbieter in verschiedenen Städten geben, aber nie zwei Anbieter, welche die Mobilitätsnachfrage in einer Stadt gemeinsam bedienen und sich diesen spezifischen Markt teilen.

- **Tagesbezogener Zeithorizont:** Der Zeithorizont ist *tagesbezogen* und wie folgt definiert: $00:00 \text{ Uhr} \leq \text{Zeithorizont} < 24.00 \text{ Uhr}$.
- **Ausleih- und Rückgabeprozess:** Alle vom Flottenbetreiber verliehenen Fahrzeuge werden immer auch am selben Tag noch vor 24:00 Uhr von den Nutzern zurückgegeben.¹¹⁸ Gesamtheitlich betrachtet beginnt also jeder Tag mit einem Verkehrsaufkommen von null und endet auch wieder mit einem Verkehrsaufkommen von null.¹¹⁹
- **Relokation:** Der Relokationsprozess wird durch die *Null-Sekunden-Annahme* abstrahiert. Die Null-Sekunden-Annahme besagt, dass ein CASE-Fahrzeug nach Beendigung der Fahrt des einen Nutzers sofort allen anderen Nutzern an jedem beliebigen Ort innerhalb der City und ohne Zeitverzögerung zur Verfügung steht. Die Relokationszeit zum nächsten Nutzer beträgt also null Sekunden.

Diese Annahme beruht auf der Überzeugung, nur mit gegebenen Informationen zu arbeiten. Das Verkehrsgeschehen ist zu komplex, als dass man Relokationszeiten beispielsweise wie Burns, Jordan und Scarborough mit Hilfe der *Warteschlangentheorie* imitieren könnte.¹²⁰ Man denke nur an ein Konzert oder ähnliche Ereignisse und die damit verbundenen atypischen Verkehrsströme im Tagesverlauf. Auch ist völlig unklar, ob die Ladeinfrastruktur künftig zentral an einem Ort, dezentral über die Stadt verteilt oder vielleicht auch außerhalb der Stadt platziert sein wird. Jegliche Aussagen über Relokationszeiten der CASE-Fahrzeuge hin zu Nutzern und hin zur Ladeinfrastruktur werden deshalb abstrahiert.

Eine Vielzahl von Gründen spricht dafür, dass mit einer Relokationszeit von null gearbeitet werden kann und die Nutzer im Modell trotzdem *keine Wartezeiten* zu befürchten haben. Das liegt daran, dass in der Ausgangssituation in 2008 die Durchschnittsgeschwindigkeit der Pkws in allen Städtetypen bei nicht mehr als 36 km/h lag.

¹¹⁸ Das Carsharing-Angebot stellt in diesem Zusammenhang nichts anderes als eine automatisierte Autovermietung dar, welche einen Ausleih- und Rückgabeprozess beinhaltet. Das Besondere hierbei ist, dass das Fahrzeug per App Befehl selbstständig vorgefahren kommt (Ausleihprozess) und nach dem Aussteigen für den nächsten Nutzer bereitsteht (Rückgabeprozess).

¹¹⁹ Empirisch wurde bereits mehrfach gezeigt, dass die Anzahl der Fahrtenbeginne im motorisierten Individualverkehr mit zunehmender zeitlicher Annäherung an Mitternacht gegen null konvergieren. Vgl. hierzu auch Mobilität in Deutschland (2008b) und Wermuth et al. (2003, S. 223).

¹²⁰ Vgl. Burns/Jordan/Scarborough (2013, S. 6-8).

Im Modell fallen nun alle den Verkehrsfluss beeinträchtigenden Faktoren, die zu dieser niedrigen Durchschnittsgeschwindigkeit führen wie die Wartezeiten an Ampeln oder Stehzeiten in Verkehrsstaus, weg. Wenn die CASE-Flotte hierdurch zum Beispiel eine Durchschnittsgeschwindigkeit von nur 53 km/h realisieren könnte, bliebe immer noch die Hälfte der gerechneten Wege Zeit für eine Relokation übrig.

Wenn man also mit den Wegezeiten aus 2008 rechnet, kann das CASE-Modell mit der Null-Sekunden-Annahme Relokationen ohne Wartezeiten mit Hilfe von Zeitersparnis und der Geschwindigkeitsanpassung abbilden. Hinzu kommt, dass die Relokationsziele immer präziser antizipiert werden können auf Grund der zunehmenden Sammlung historischer Bewegungsdaten.

- **Flottengröße:** Mobilitätsanbieter verwenden zur Kosteneinsparung genau die Mindestgröße an CASE-Flotten, welche benötigt wird, um die Mobilitätsnachfrage zu bedienen. CASE-Flotten setzen sich dabei aus Zweisitzer-Pkws, Fünfsitzer-Pkws und Zehnsitzer-Pkws zusammen.

Die Mindestgröße der Flotte bestimmt sich aus der maximalen Diskrepanz zwischen ausgeliehenen und zurückgegebenen Fahrzeugen bezogen auf den Tagesverlauf. Die Ausleih- und Rückgabezeitpunkte werden durch die Zeitpunkte der Fahrtenbeginne und Fahrtenenden determiniert.

Kernaufgabe des CASE-Modells ist es, die *veränderten Flottengrößen* durch den Einsatz der vier Technologie-Impulse CASE zu berechnen.

Mit dem CASE-Modell kann das dritte Artefakt, welches nach Hevner et al. zu den Methods gehört, entwickelt werden: Die *CASE-Simulation*.

Während das CASE-Modell tagesbasiert ist, repliziert die CASE-Simulation diesen Tag und simuliert dadurch den Verkehr im Jahresverlauf. Mit den neu entstandenen Erkenntnissen über veränderte Flottengrößen kann so beispielsweise ein Vergleich zu den Kennzahlen des deutschen Verkehrs aus dem Jahr 2008 geschaffen werden.

Die theoretischen Annahmen des CASE-Modells und der CASE-Simulation sollen nachfolgend anhand von einem Anwendungsbeispiel verdeutlicht werden.

3.6.2 CASE-Modell und -Simulation: Anwendungsbeispiel

Innerhalb des CASE-Modells ist die Flottengröße bestimmt durch die maximale Diskrepanz zwischen ausgeliehenen und zurückgegebenen Fahrzeugen bezogen auf den Tagesverlauf.

Abbildung 31 veranschaulicht einen beispielhaften Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells und die Ermittlung der Flottengröße.

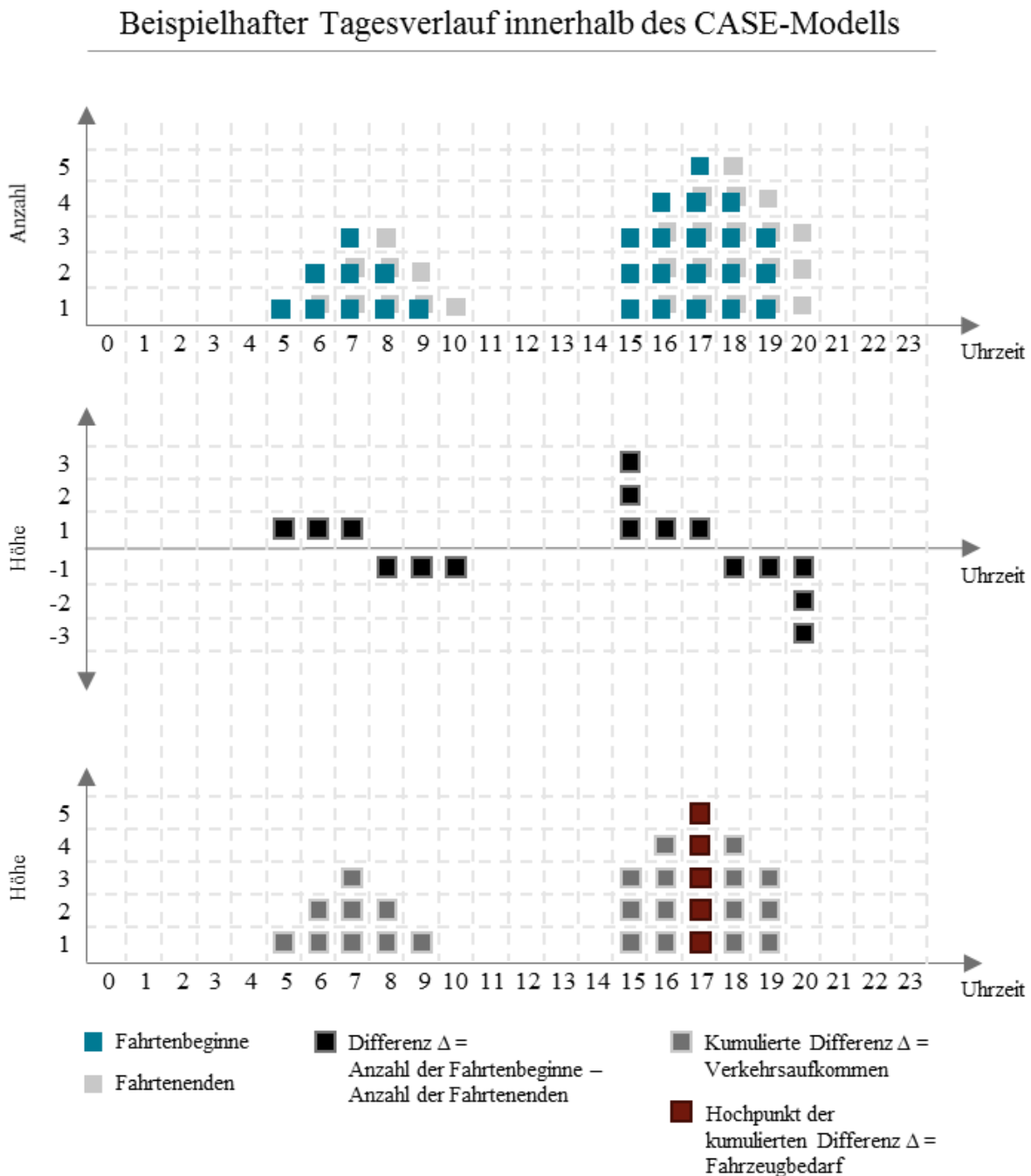


Abbildung 31: Beispielhafter Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells

Quelle: Eigene Darstellung

Bei diesem vereinfachten Tagesverlauf beginnt der Tag um 00:00 Uhr und endet noch vor

24:00 Uhr um 23:00 Uhr.¹²¹ In allen drei Achsensystemen ist zu sehen, dass von 00:00 Uhr bis einschließlich 04:00 Uhr kein Verkehrsaufkommen zu beobachten ist. Um 05:00 Uhr beginnt ein Nutzer eine Fahrt (oberes Achsensystem). Der Flottenmanager muss also um 05:00 Uhr ein Fahrzeug in der Flotte bereithalten, um diese Nachfrage bedienen zu können. Dieser Sachverhalt ist vorerst im mittleren Achsensystem (Differenz Δ = Anzahl der Fahrtenbeginne – Anzahl der Fahrtenenden) und im unteren Achsensystem (kumulierte Differenz Δ = Verkehrsaufkommen) festgehalten.

Um 06:00 Uhr wird dann eine Fahrt beendet und zwei neue Fahrten werden begonnen (siehe oberes Achsensystem). Im mittleren Achsensystem wird nun die Differenz Δ um 06:00 Uhr festgehalten welche eins beträgt. Im unteren Achsensystem hingegen wird die kumulierte Differenz Δ , welche sich aus den aufsummierten Differenzen bis 06:00 Uhr ergeben, dargestellt: Zwei. Würde nur der Zeitraum von 00:00 bis einschließlich 06:00 betrachtet werden, könnte der Flottenmanager die Mobilitätsnachfrage in dem Fall mit zwei Fahrzeugen bedienen.

Das untere Achsensystem drückt also nichts anderes aus als das Verkehrsaufkommen. Das mittlere Achsensystem dient nur einem Zwischenschritt, um das Verkehrsaufkommen zu jedem Zeitpunkt zu ermitteln. Der Hochpunkt des Verkehrsaufkommens entsteht um 17:00 Uhr und determiniert den Fahrzeugbedarf von fünf Fahrzeugen (Hochpunkt der kumulierten Differenz Δ = Fahrzeugbedarf). Der Flottenmanager kann die Mobilitätsnachfrage des gesamten Tages also mit fünf Fahrzeugen bedienen.

¹²¹ Bei der späteren Anwendung des Modells ist der Tagesverlauf in Minuten unterteilt.

Bei dieser Betrachtung wurde nun das CASE-Modell exemplarisch und allgemein dargestellt. Um es sauber anwenden zu können, müssen jedoch auch die *Gruppengrößen* miteinbezogen werden. Hierfür sei zunächst noch einmal der beispielhafte Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells aus Abbildung 31 in Tabelle eins mit *Personen, die alleine fahren*, dargestellt.

Anzahl der beobachteten Personen	Anzahl der beobachteten Fahrten	Hochpunkt des Verkehrsaufkommens
18	28	5
= Fahrzeugbedarf		

Uhrzeit (Minutendarstellung in Dezimalzahlen)	Anzahl der Fahrtenenden	Anzahl der Fahrtenbeginne	Differenz Δ = Fahrtenbeginne - Fahrtenenden	Kumulierte Differenz Δ = Verkehrsaufkommen
0,00	0	0	0	0
1,00	0	0	0	0
2,00	0	0	0	0
3,00	0	0	0	0
4,00	0	0	0	0
5,00	0	1	1	1
6,00	1	2	1	2
7,00	2	3	1	3
8,00	3	2	-1	2
9,00	2	1	-1	1
10,00	1	0	-1	0
11,00	0	0	0	0
12,00	0	0	0	0
13,00	0	0	0	0
14,00	0	0	0	0
15,00	0	3	3	3
16,00	3	4	1	4
17,00	4	5	1	5
18,00	5	4	-1	4
19,00	4	3	-1	3
20,00	3	0	-3	0
21,00	0	0	0	0
22,00	0	0	0	0
23,00	0	0	0	0

Tabelle 1: Beispielhafter Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells (eine Person)

Quelle: Eigene Darstellung

Alle in Abbildung 31 enthaltenen Informationen sind auch in dieser Tabelle enthalten und auf den Fall der Gruppengröße eins angewendet. Zusätzlich ist noch die Anzahl der beobachteten Personen, welche beispielhaft 18 beträgt, aufgeführt. Die Anzahl der beobachteten Fahrten beträgt 28 und ist immer die Summe aller Fahrtenbeginne oder aller Fahrtenenden, da gilt: Jede Fahrt, die im Tagesverlauf beginnt, endet auch im Tageserlauf noch vor 24:00 Uhr.

Komplizierter wird es, wenn der beispielhafte Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells mit *Personen, die zu zweit fahren*, dargestellt wird. Tabelle zwei veranschaulicht solch einen beispielhaften Tagesverlauf.

Anzahl der beobachteten Personen	Anzahl der beobachteten Fahrten	Gruppenbereinigter Hochpunkt des Verkehrsaufkommens
36	56	5
= Fahrzeugbedarf		

Uhrzeit (Minutendarstellung in Dezimalzahlen)	Anzahl der Fahrtenenden	Anzahl der Fahrtenbeginne	Differenz Δ = Fahrtenbeginne - Fahrtenenden	Kumulierte Differenz Δ = Verkehrsaufkommen (ohne Gruppenbereinigung)
0,00	0	0	0	0
1,00	0	0	0	0
2,00	0	0	0	0
3,00	0	0	0	0
4,00	0	0	0	0
5,00	0	2	2	2
6,00	2	4	2	4
7,00	4	6	2	6
8,00	6	4	-2	4
9,00	4	2	-2	2
10,00	2	0	-2	0
11,00	0	0	0	0
12,00	0	0	0	0
13,00	0	0	0	0
14,00	0	0	0	0
15,00	0	6	6	6
16,00	6	8	2	8
17,00	8	10	2	10
18,00	10	8	-2	8
19,00	8	6	-2	6
20,00	6	0	-6	0
21,00	0	0	0	0
22,00	0	0	0	0
23,00	0	0	0	0

Tabelle 2: Beispielhafter Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells (2 Personen)

Quelle: Eigene Darstellung

Ab einer Gruppengröße von zwei oder mehr folgt auch die Flottenberechnung einem komplexeren Prozess. Das ist dem Befragungsdesign der MiD-2008-Erhebung geschuldet.

Wenn zum Beispiel am Stichtag zwei Personen aus einem Haushalt gemeinsam eine Fahrt in einem Pkw angetreten haben, wurden beide befragt und haben jeweils einen Weg in der Gruppengröße zwei angegeben. Der Fall könnte in Tabelle zwei zum Beispiel um 05:00 Uhr aufgetreten sein. Das berechnete Verkehrsaufkommen um 05:00 Uhr von zwei ist also nicht mehr mit dem Fahrzeugbedarf gleichzusetzen: Zur Determinierung der Fahrzeugbedarfes muss also erst eine *Gruppenbereinigung* stattfinden.

Dabei wird das Verkehrsaufkommen (ohne Gruppenbereinigung) durch die Größe der Personengruppe geteilt. Um 05:00 Uhr hätte zum Beispiel ein Zweisitzer-Pkw genügt, um die Verkehrsnachfrage zu bedienen.¹²² Um den gruppenbereinigten Hochpunkt des Verkehrsaufkommens und somit den Fahrzeugbedarf zu ermitteln, wird die kumulierte

¹²² Bei dieser Methode kann es auch vorkommen, dass Haushaltsmitglieder mit Personen, die nicht an der Befragung teilnahmen, gemeinsam in Gruppen Fahrten antraten. Diese Ungenauigkeit wird weitestgehend neutralisiert, sobald mit Hilfe des CASE-Modells und auf Basis der Stichprobe Hochrechnungen stattfinden, die Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit erlauben.

Differenz Δ von zehn in diesem Beispiel also durch zwei geteilt. Wie auch im Beispiel aus Tabelle eins werden fünf Fahrzeuge benötigt. Der einzige Unterschied hierbei: Die fünf Fahrzeuge sind jeweils nicht mit einer, sondern mit zwei Personen besetzt.

Mit welcher Art von Fahrzeugen der Flottenmanager diese Nachfragen bedient, bleibt ihm überlassen. Wenn er möglichst effizient vorgeht, könnte er beide Gruppengrößen mit einem Zweisitzer-Pkw (smart Fortwo) bedienen. Eventuell sieht er sich aber auch mit Kunden konfrontiert, die einen Premiumanspruch haben, und bedient die Nachfragen mit Fünfsitzer-Pkws (Mercedes-Benz S-Klasse).

Verschiedene Szenarien hierzu werden im fünften Kapitel dieser Arbeit simuliert. Die einzige Limitation, welcher der Flottenmanager bei der Bereitstellung der Fahrzeuge ausgesetzt ist, lautet: Die Sitzplatzanzahl im jeweiligen Fahrzeug muss ein Äquivalent zur jeweiligen Gruppengröße darstellen oder diese numerisch übertreffen.

Mit dieser Methode können alle möglichen Gruppengrößen des motorisierten Individualverkehrs von eins bis zehn innerhalb des CASE-Modells mit Fahrzeugen bedient werden. Die genaue Größe und vor allem die Zusammensetzung der CASE-Flotten (Verhältnis von Zweisitzer-Pkws, Fünfsitzer-Pkws und Zehnsitzer-Pkws) sind ausschlaggebend für die Ergebnisse der CASE-Simulation (Jahresbetrachtung).

Im nachfolgenden Kapitel werden die Potentiale vollautomatisierter und elektrischer Carsharing-Systeme am Beispiel Deutschlands mit Hilfe einer Vergleichsanalyse aufgezeigt. Hierfür wird die Mobilität in Deutschland 2008 mit der CASE-Simulation, welche ebenso das Jahr 2008 in Deutschland abbildet, verglichen. Kapitel vier dient darüber hinaus als Vorbereitung für die Prüfung und Diskussion der aufgestellten Hypothesen.

4. Quantitative Vergleichsanalyse: Mobilität in Deutschland 2008 versus CASE-Simulation

In diesem Kapitel beginnt nun der empirische Teil der Arbeit. Als empirische Grundlage dient der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz.¹²³ Der empirische Teil dieser Arbeit umfasst Kapitel vier und Kapitel fünf. In diesem Kapitel wird zunächst die Mobilität Deutschlands in 2008 mit der CASE-Simulation, welche sich auch auf Deutschland im Jahr 2008 bezieht, verglichen. Hier kommen bereits sehr aufschlussreiche Ergebnisse zu Tage. Auf der Basis dieser Ergebnisse können die acht aufgestellten Hypothesen geprüft und diskutiert werden (Kapitel fünf).

4.1 Mobilität in Deutschland 2008

In diesem Abschnitt wird der Ist-Zustand der Mobilität Deutschlands aus 2008 beleuchtet. Genauer genommen liegt der Fokus auf dem motorisierten Individualverkehr und dessen Ausprägungen. Bevor hiermit begonnen werden kann, muss jedoch ein Phänomen besprochen werden, das bei fast jeder Erhebung mit großem Stichprobenumfang auftritt: *Missing Values*.

4.1.1 *Missing Values*

Fehlende Daten beziehungsweise Werte (*Missing Values*) stellen bei der Datenerhebung ein häufig anzutreffendes Problem dar.¹²⁴ Die Ursachen hierfür sind mannigfaltig. Beispielfhaft können die folgenden benannt werden:¹²⁵

- Fehlerhaftes oder mangelhaftes Untersuchungsdesign
- Antwortverweigerung im Rahmen einer Befragung
- Mangelndes Wissen oder unzureichende Antwortmotivation des Befragten
- Unaufmerksamkeit eines Beobachters
- Unvollständigkeit von Sekundärdaten
- Codierungs- und Übertragungsfehler bei Daten

Auch der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz beinhaltet *Missing Values*. Diesen *Missing*

¹²³ Vgl. Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

¹²⁴ Vgl. Runte (1999, S. 1-3).

¹²⁵ Vgl. Schnell (1986, S. 24-58).

Values wurde im Zuge der *Datenaufbereitung* durch das infas Institut und das *Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)* ein *eindeutig zu interpretierender Kode* zugewiesen.

Der MiD-2008-Datensatz ist in *fünf Datensätze* gegliedert:¹²⁶ *Auto-, Haushalts-, Personen-, Reise- und Wegedatensatz*. Jeder Datensatz weist dabei seine eigenen Besonderheiten beziehungsweise seine eigene Befragungslogik auf, welche zu spezifischen erhebungsbedingten Missing Values führt.

Der Haushaltsdatensatz zum Beispiel enthält Befragungsdaten aus den drei verschiedenen Erhebungsinstrumenten Paper And Pencil Interview, Computer Assisted Telephone Interview und Computer Assisted Web Interview. Obwohl der *Fragenkatalog* hier identisch war, wurden eine Reihe von Fragen hier unterschiedlich erhoben.

Ein Beispiel: Im schriftlichen Fragebogen und im Onlinefragebogen wurde der Umfang der Berufstätigkeit einer Person in einer einzigen Frage erfasst. Im Telefoninterview hingegen wurde dieser Hauptfrage eine Filterfrage vorgeschaltet (Berufstätigkeit: ja, nein). Somit existieren Variablen, bei denen aus methodischen Gründen exklusiv Antworten für telefonisch befragte Haushalte vorliegen. Für die schriftlich befragten Haushalte hingegen fehlen diese Werte in den entsprechenden Variablen.

Im Anschluss an die *formale Aufbereitung der Rohdaten* fand durch das infas Institut und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt eine *Extremwertbereinigung und Konsistenzprüfung* statt. Auf Ebene einzelner Variablen wurden hierbei alle Angaben im Hinblick auf ihren *plausiblen Wertebereich* (unterer und oberer Maximalwert) überprüft. Alle außerhalb dieses Bereichs liegenden Angaben wurden in „Angabe unplausibel“ umkodiert.

Bereinigt wurden zum Beispiel Jahreszahlen, Altersangaben und Wegeentfernungen. Die Konsistenzprüfung, die variablenübergreifend stattfand, gestaltete sich deutlich komplexer. Hierbei wurden *drei Ebenen von Inkonsistenzen* unterschieden:

- Erst die Kombination verschiedener Variablen führt zu Inkonsistenzen (beispielsweise ist eine Person zu jung für den Besitz eines Führerscheins).
- Designbedingt fallen beim Vergleich mehrfach erhobener Angaben Inkonsistenzen auf (beispielsweise abweichende Altersangaben aus dem Haushaltsinterview und dem Personeninterview).

¹²⁶ Vgl. Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Mobilität in Deutschland (2008d).

- Die Zusammenführung von Informationen aus unterschiedlichen Variablen führt zu Inkonsistenzen (beispielsweise fällt bei der Bildung der Variable Tätigkeitsstatus auf, dass ein Schüler angegeben hat, in Vollzeit erwerbstätig zu sein).

In der nachfolgenden Analyse werden alle Angaben, die unplausibel oder inkonsistent sind, unter dem Oberbegriff „Missing Values“ zusammengefasst. Hier zählen auch die Antwortmöglichkeiten „weiß nicht“ oder „keine Angabe“ mit rein.

Von den 193.290 angegebenen Wegen der Befragten sind 1.581 Wege den Missing Values zuzuordnen. Abbildung 32 veranschaulicht alle bereits vorab aussortierten Wege aus der Befragung.

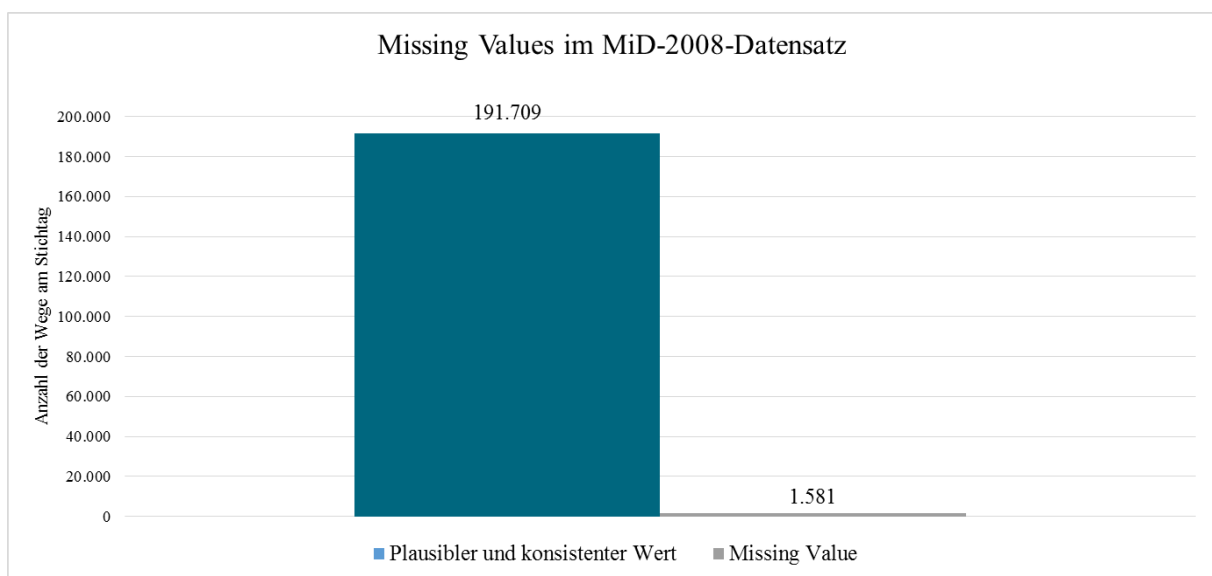


Abbildung 32: Missing Values im MiD-2008-Datensatz

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008) Datensatz.

Neben diesen bereits aussortierten Wegen spielen Missing Values im Laufe der nachfolgenden Analyse immer wieder eine Rolle. Beim Aufzeigen der Ausprägungen einzelner Variablen differieren die zu Grunde liegenden Beobachtungszahlen (zumeist in geringem Maße) auf Grund von Missing Values. Einer der wenigen festen Ankerpunkte in der Analyse sind die in Abbildung 24 aufgeführten Kennzahlen.

Mit diesem Wissen können nun die deskriptiven Ergebnisse zur Mobilität in Deutschland aus dem Jahr 2008 vorgestellt werden. Der Unterabschnittspunkt 4.1.2 behandelt zunächst die Bevölkerungsverteilung, welche in Deutschland in 2008 vorlag.

4.1.2 Bevölkerungsverteilung

Um das Verkehrsgeschehen in Deutschland aus dem Jahr 2008 verstehen zu können, sind Informationen über die Bevölkerungsverteilung im Bundesgebiet aus diesem Jahr unerlässlich.

Unterschieden wird nach den differenzierten Stadt- und Gemeindetypen des BBSR aus dem Jahr 2006 und den dazugehörigen Einwohnergrenzen. Hierzu zählen: Große Kern- und Großstädte, kleinere Kern- und Großstädte, größere Mittelstädte, kleinere Mittelstädte, Kleinstädte, große ländliche Gemeinden und kleine ländliche Gemeinden. *Variablenname*, *Variablenkürzel*, *Wertelabel der Variablen* und Einwohnergrenzen, welche auch im MiD-2008-Datensatz unterschieden wurden, sind in Tabelle drei aufgeführt.

Variablenkürzel	Variablenname	Wertelabel der Variable
sgtypd	BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	11: Große Kern- und Großstädte (≥ 500.000 Einwohner)
		12: Kleinere Kern- und Großstädte (≥ 100.000 bis 500.000 Einwohner)
		21: Größere Mittelstädte (≥ 50.000 bis 100.000 Einwohner)
		22: Kleinere Mittelstädte (≥ 20.000 bis 50.000 Einwohner)
		30: Kleinstädte (≥ 10.000 bis 20.000 Einwohner)
		41: Große ländliche Gemeinden (≥ 7.500 bis 10.000 Einwohner)
		42: Kleine ländliche Gemeinden (< 7.500 Einwohner)

Tabelle 3: BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008d).

Auf Grund der späteren Fokussierung auf die Städtetypen im Rahmen der Vergleichsanalyse werden fortan die einzigen beiden Gemeindetypen große ländliche Gemeinden und kleine ländliche Gemeinden zusammengefasst. Zu dem zusammengefassten Gemeindetyp (*große und kleine ländliche Gemeinden*) zählen alle Gemeinden in Deutschland aus dem Jahr 2008 mit *weniger als 10.000 Einwohnern*. Somit werden fünf Städtetypen und ein Gemeindetyp in den nachfolgenden Analysen unterschieden.

Zunächst wird nun die *reale Bevölkerungsverteilung* Deutschlands im Jahr 2008 vorgestellt.¹²⁷ Mit Hilfe der vorliegenden Daten des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung kann diese reale Bevölkerungsverteilung nach den differenzierten Stadt- und Gemeindetypen dargestellt werden. Diese absoluten Werte der Grundgesamtheit und deren Verteilung sind in Abbildung 33 dargestellt.

¹²⁷ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

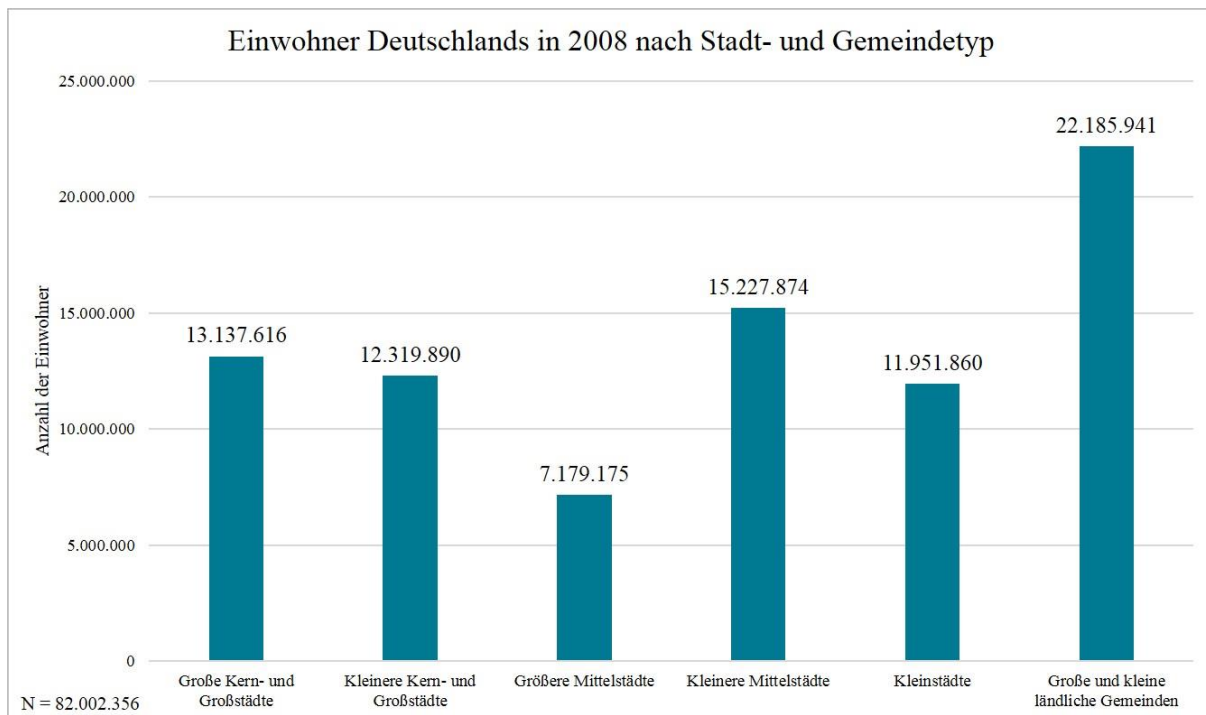


Abbildung 33: Einwohner Deutschlands in 2008 nach Stadt- und Gemeindetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

Bei einer *Grundgesamtheit* von 82.002.356 deutschen Einwohnern ($N = 82.002.356$) in 2008 leben die meisten dieser Einwohner in kleineren Mittelstädten (15.227.874 Einwohner) sowie großen und kleinen ländlichen Gemeinden (22.185.941 Einwohner). Abbildung 34 veranschaulicht die hierzu passende prozentuale Verteilung.

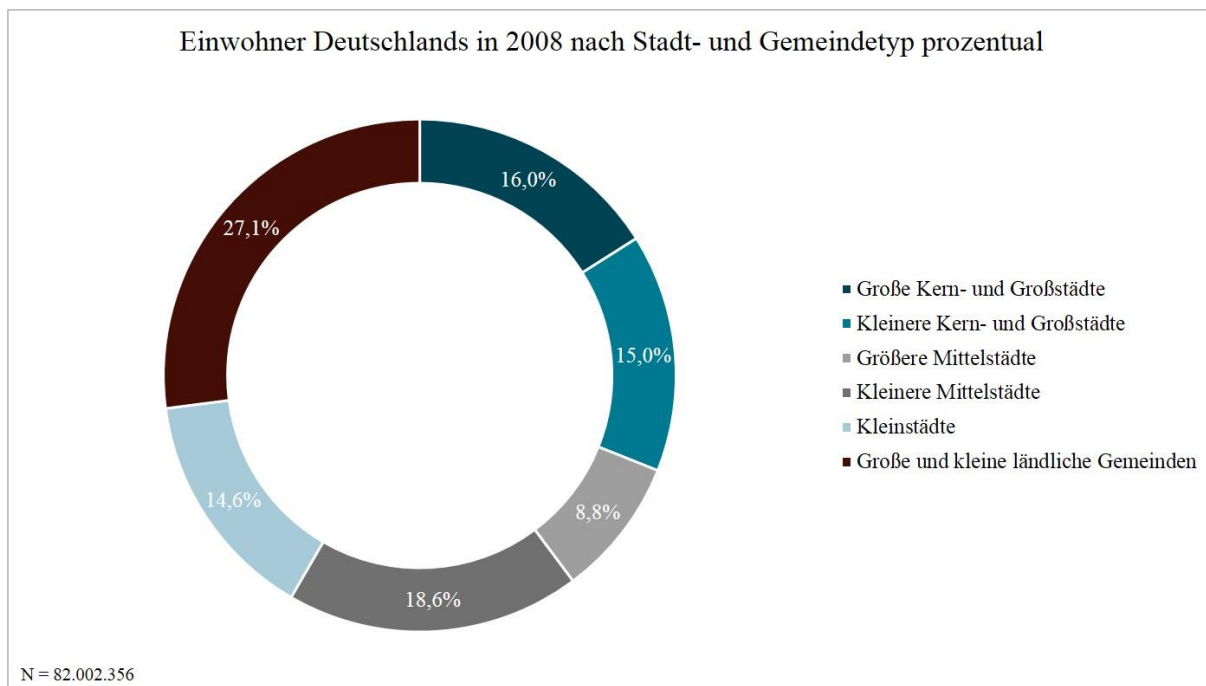


Abbildung 34: Einwohner Deutschlands in 2008 nach Stadt- und Gemeindetyp prozentual

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

Die absolute und prozentuale Verteilung der Deutschen Einwohner im Jahr 2008 ist noch

einmal in Anhang vier tabellarisch zusammengefasst.

Neben dieser Verteilung liegt auch die absolute und prozentuale Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges vor. Abbildung 35 veranschaulicht die absolute Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges nach Stadt- und Gemeindetyp.

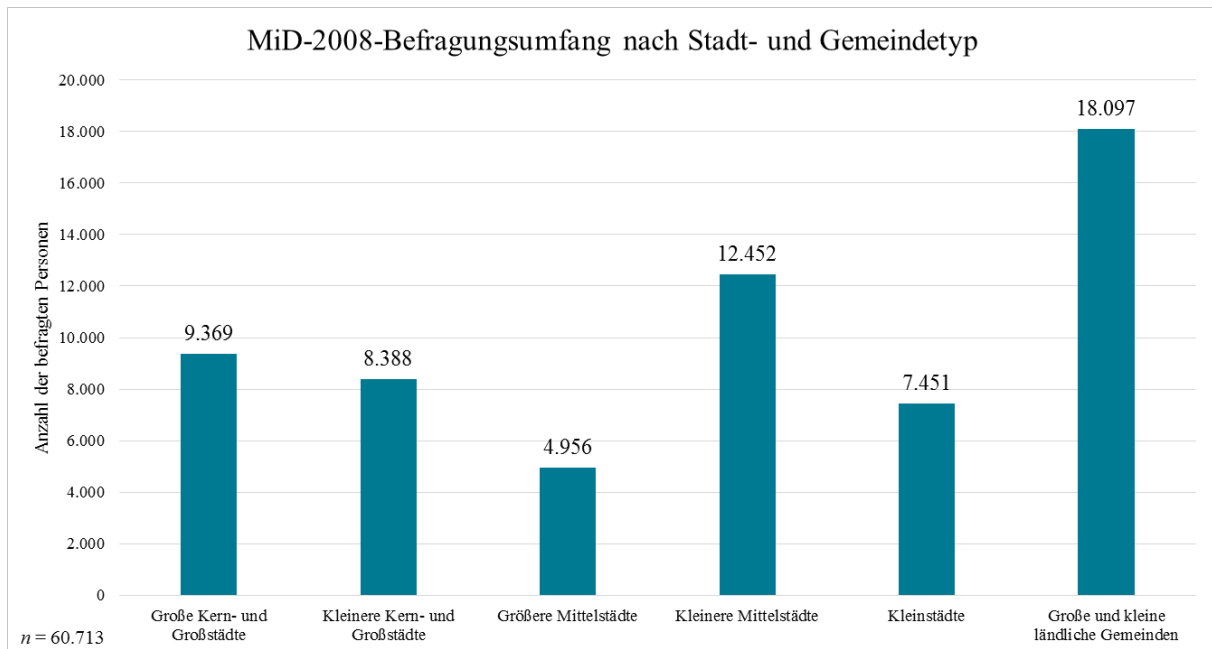


Abbildung 35: MiD-2008-Befragungsumfang nach Stadt- und Gemeindetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Bei einem *Stichprobenumfang* von 60.713 Befragten ($n = 60.713$) haben auch hier die meisten der Befragten angegeben im Jahr 2008 in kleineren Mittelstädten (12.452 Befragte) sowie großen und kleinen ländlichen Gemeinden (18.097 Befragte) zu leben. Generell fällt auf, dass die Verteilung der Stichprobe hinsichtlich der Stadt- und Gemeindetypen bildlich der Verteilung der realen Bevölkerungszahl aus dem Jahr 2008 (siehe Abbildung 33) ähnelt. Um hier eine Aussage über die *Stichprobengenauigkeit* treffen zu können, sei an dieser Stelle auch die prozentuale Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges in Abbildung 36 aufgeführt.

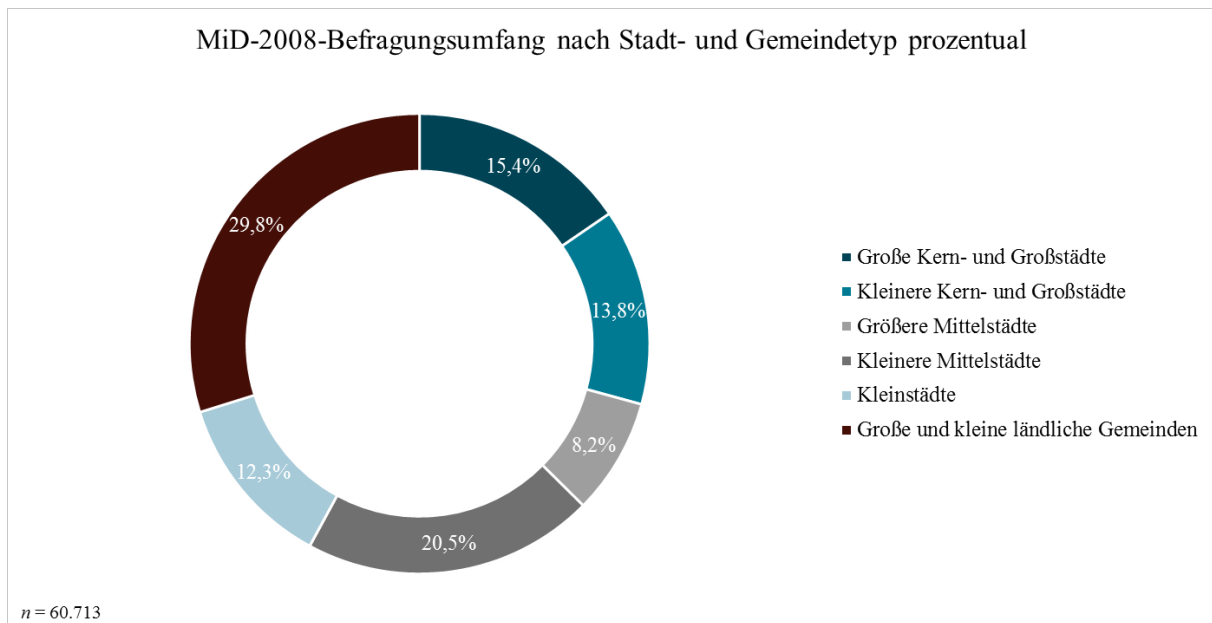


Abbildung 36: MiD-2008-Befragungsumfang nach Stadt- und Gemeindetyp prozentual

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die absolute und prozentuale Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges ist noch einmal in Anhang fünf tabellarisch zusammengefasst.

Hier sieht man, dass die prozentuale Verteilung der Stichprobe zwar der Verteilung der Grundgesamtheit gleicht, aber beide nicht identisch sind. Dies ist normal, denn Stichproben sind immer mit einer Ungenauigkeit behaftet und dadurch in gewisser Weise limitiert in ihrer Aussagekraft. Mit Blick auf Anhang vier und Anhang fünf lässt sich sehen, dass die Abweichungen in einem Spektrum von 0,59 Prozentpunkten (große Kern- und Großstädte, größere Mittelstädte) und 2,75 Prozentpunkten (große und kleine ländliche Gemeinden) liegen.

Diese Abweichung ist tolerabel, muss jedoch bei der abschließenden Auswertung und deren Aussagekraft berücksichtigt werden. Wo es möglich war, wurde mit der realen Verteilung der Einwohner Deutschlands im Jahr 2008 gearbeitet, um eine möglichst hohe Genauigkeit bei den Ergebnissen zu erzielen.

4.1.3 Fahrzeugbestand

Auf Basis der Stichprobe kann nicht nur ein Rückschluss über die im Jahr 2008 vorliegende Bevölkerungsverteilung in Deutschland hinsichtlich der Stadt- und Gemeindetypen getroffen werden. Es lassen sich auch Aussagen über die *Verteilung des Fahrzeugbestandes* im Bundesgebiet zu diesem Zeitpunkt treffen. Der reale Fahrzeugbestand betrug 2008 in

Deutschland 41.183.594 Pkws.¹²⁸ Stellt man diesen Fahrzeugbestand der realen Einwohnerzahl gegenüber, ergibt sich ein *Autoteilungs-* und *Autobesitzfaktor* (siehe Abbildung 37).

Autoteilungs- und Autobesitzfaktor in Deutschland 2008

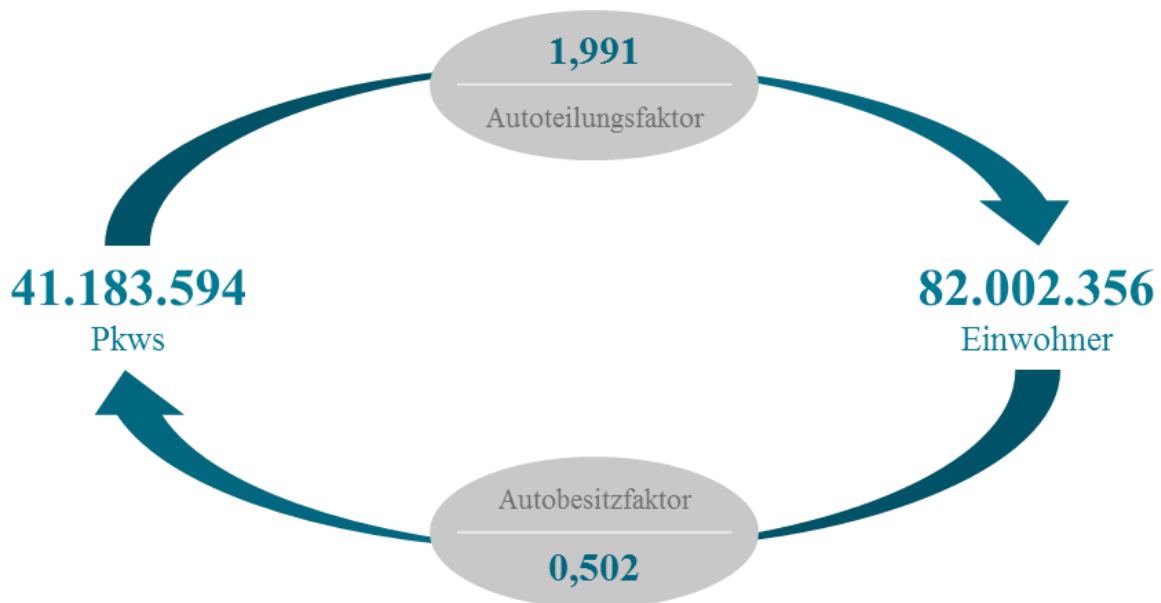


Abbildung 37: Autoteilungs- und Autobesitzfaktor in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Im Durchschnitt standen in Deutschland im Jahr 2008 jedem Fahrzeug etwa zwei Einwohner gegenüber (Autoteilungsfaktor). Umgekehrt formuliert war im selben Jahr auf jeden deutschen Einwohner im Durchschnitt etwa ein halbes Fahrzeug zugelassen (Autobesitzfaktor).

Oft sind Fahrzeuge zwar auf einzelne Personen gemeldet, werden jedoch von einem Haushalt mit mehreren Personen genutzt. Aus diesem Gesichtspunkt heraus ist es sinnvoll, hier auch die Durchschnittswerte festzuhalten. Natürlich bietet der MiD-2008-Datensatz auch die Möglichkeit die Verteilung der Besitzverhältnisse (Anzahl der Befragten mit einem Fahrzeug, Anzahl der Befragten mit zwei Fahrzeugen, usw.) darzustellen. Jedoch ist diese Verteilung für die Analyse irrelevant.

Grundlegend für die Analyse hingegen ist die Verteilung des Fahrzeugbestandes in Deutschland 2008 nach Stadt- und Gemeindetyp. Hierfür können die Ergebnisse der Befragung herangezogen werden, um Rückschlüsse in Bezug auf die Grundgesamtheit zu

¹²⁸ Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

generieren. Die 60.713 Befragten der MiD-2008-Studie gaben an, im Besitz von 34.601 Fahrzeugen zu sein. Diese 34.601 Fahrzeuge verteilen sich wie folgt auf die verschiedenen Stadt- und Gemeindetypen (siehe Abbildung 38).

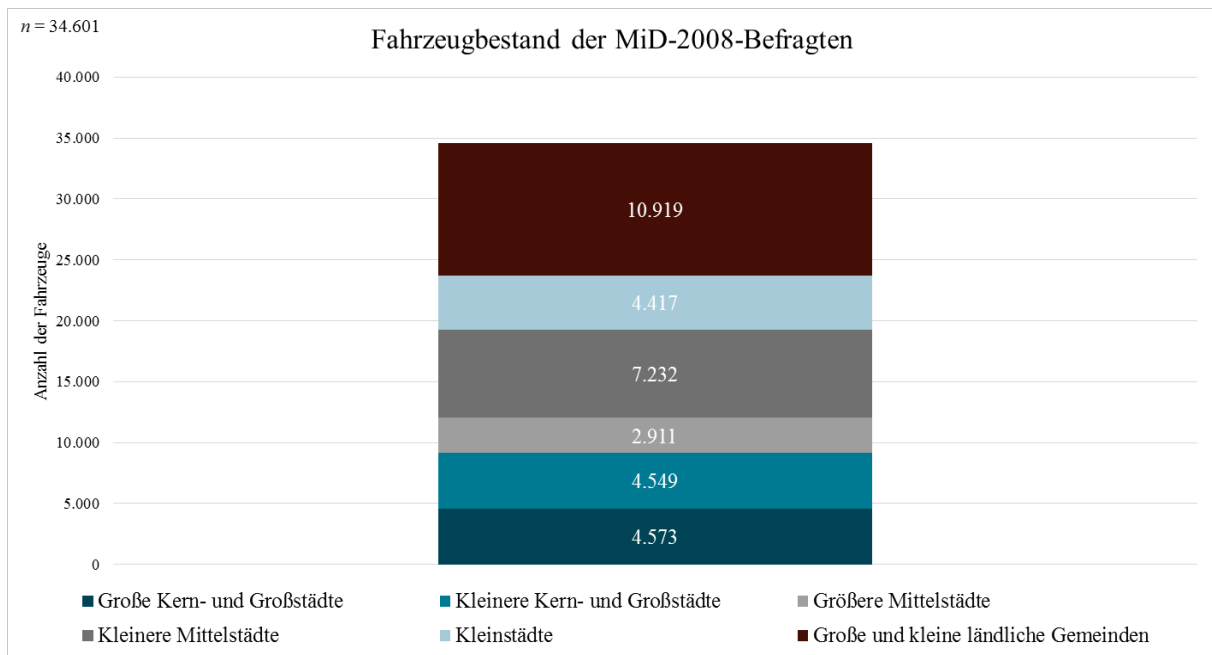


Abbildung 38: Fahrzeugbestand der MiD-2008-Befragten

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Um aus dieser Verteilung Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit ziehen zu können, wird zunächst die prozentuale Verteilung der Fahrzeuge herangezogen. Abbildung 39 zeigt die prozentuale Verteilung des Fahrzeugbestandes der MiD-2008-Befragten.

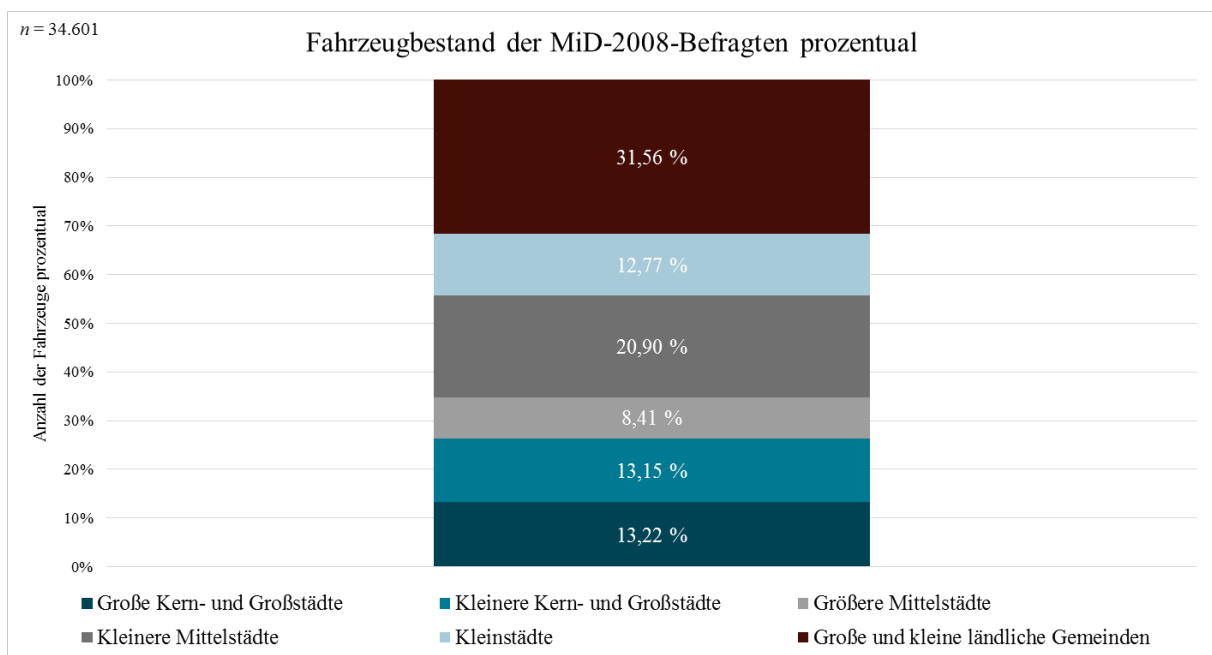
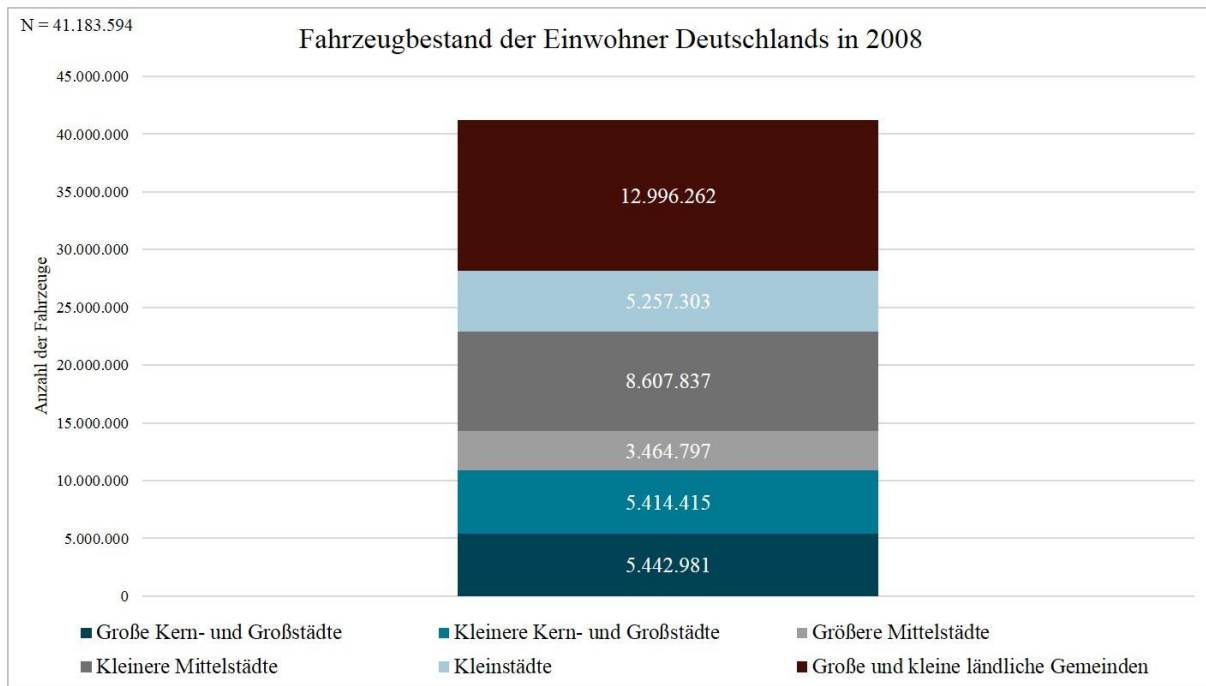


Abbildung 39: Fahrzeugbestand der MiD-2008-Befragten prozentual

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Geht man von einer repräsentativen Stichprobe aus, lässt sich schließen, dass der reale Fahrzeugbestand von 41.183.594 Fahrzeugen im Jahr 2008 der gleichen prozentualen Verteilung unterlag. Daraus ergibt sich die in Abbildung 40 gezeigte Verteilung des Fahrzeugbestandes für Deutschland in 2008, welche zu erwarten ist.



Verteilung basiert auf der Stichprobenverteilung (Grundgesamtheit entspricht dem Realbestand).

Abbildung 40: Fahrzeugbestand der Einwohner Deutschlands in 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Alle Ergebnisse aus den Abbildungen 38 bis 40 sind in Anhang sechs zusammengefasst und detailliert dargestellt. Auf Basis der Verteilung des Fahrzeugbestandes der Einwohner Deutschlands in 2008 nach Stadt- und Gemeindetyp kann eine spätere Vergleichsanalyse stattfinden.

4.1.4 Fahrzeugsegmentierung

Es wurde bereits angesprochen, dass sich heutzutage (und auch in 2008) die Kaufentscheidung für ein Automobil nicht nach den Einzelbedarfen für Mobilität richtet. Das Fahrzeug muss eher jeden erdenklichen Mobilitätsbedarf, der auf die gesamte Lebensdauer des Fahrzeuges gerechnet auftreten kann, abdecken.

Hieraus lässt sich folgern, dass Fünfsitzer-Pkws einen nennenswerten Anteil am gesamten Fahrzeugbestand ausmachen sollten. Zu dieser Schlussfolgerung kommt man, wenn man sich die folgenden zwei Fragen stellt: Wie oft kommt es wohl vor, dass Besitzer eines Zweisitzer-Pkws über die gesamte Fahrzeuglebensdauer immer nur alleine oder zu zweit fahren? Wie oft

kommt es vor, dass die monetären Mehrkosten für einen Zehnsitzer-Pkw (im Vergleich zu den Kosten für einen Fünfsitzer-Pkw) in Kauf genommen werden, um regelmäßige Mobilität für sechs bis zehn Personen zu gewährleisten? Die Antwort auf jede dieser Fragen im Einzelnen lautet: Diese Fälle kommen selten vor.

Genau diese intuitiven Überlegungen spiegeln sich auch bei der Auswertung des Mobilität in Deutschland 2008 Datensatzes wider. Abbildung 41 zeigt die prozentuale Verteilung des Fahrzeugbestandes der MiD-2008-Befragten nach Fahrzeugsegment.

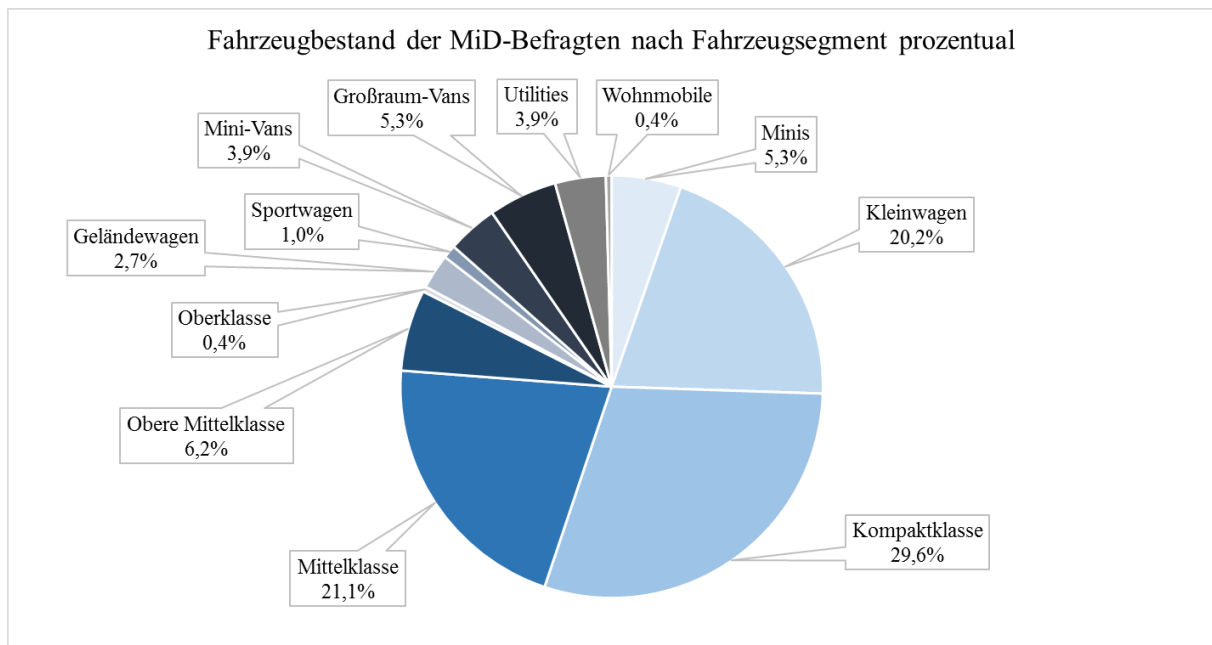


Abbildung 41: Fahrzeugbestand der MiD-Befragten nach Fahrzeugsegment prozentual
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die detaillierten Ergebnisse wurden in Anhang sieben dokumentiert.

Am stärksten vertreten bei der Fahrzeugbestandsverteilung sind die Fahrzeugsegmente Kleinwagen (20,2 Prozent), Kompaktklasse (29,6 Prozent) und Mittelklasse (21,1 Prozent). Das Fahrzeugsegment Minis hingegen ist nur mit 5,3 Prozent vertreten. Der Sprung von 5,3 Prozent (Minis) auf 20,2 Prozent (Kleinwagen) ist damit zu erklären, dass hier auch ein Wechsel von Zweisitzer-Pkws auf Fünfsitzer-Pkws stattfindet.

Unter den Fünfsitzer-Pkws stellen die Kleinwagen bezogen auf den Grundpreis das günstigste Fahrzeugsegment dar (siehe Anhang zwei). Auch das Fahrzeugsegment der Wohnmobile (Zehnsitzer-Pkws) ist mit nur 0,4 Prozent vertreten. Es lässt sich davon ausgehen, dass bei Befragten und Haushalten nur in seltenen Fällen Mobilitätsbedarfe in Verbindung mit Zehnsitzer-Pkws auftraten. Folglich ist auch der Anteil von diesem Fahrzeugsegment am gesamten Fahrzeugbestand nur sehr gering.

Auch sehr gering vertreten sind die Fahrzeugsegmente Oberklasse (0,4 Prozent) und Sportwagen (1,0 Prozent). Mit Blick auf die Grundpreise ist anzunehmen, dass die Oberklasse vor allem auf Grund der vergleichsweise hohen Anschaffungskosten nur wenige Käufer findet. Preislich differiert das Segment der Sportwagen zwar, doch eine Mischung aus teils hohen Anschaffungspreisen und der fehlenden Ausstattung mit fünf Sitzen dürfte auch hier zu der geringen Verbreitung beitragen.

Im mittleren Bestandsfeld bei den Fahrzeugsegmenten mit fünf oder mehr Sitzen bewegt sich die obere Mittelklasse (6,2 Prozent), der Geländewagen (2,7 Prozent), Mini-Vans (3,9 Prozent), Großraum-Vans (5,3 Prozent) und Utilities (3,9 Prozent).

4.1.5 Fahrzeugbesetzungsgrad

Es lässt sich vermuten, dass die Verteilung der Fahrzeugsegmente auf ökonomische Abwägungen der Befragten zurückzuführen ist. Diese Abwägungen könnten unzureichende Kapazitäten an Sitzplätzen betreffen (Fahrzeugsegment Minis), monetäre Aspekte beinhalten (Fahrzeugsegment Oberklasse) oder Kosten-Nutzen-Abwägungen betreffen (Fahrzeugsegment Wohnmobile).

In jedem Falle ist klar geworden, dass die *Fünfsitzer-Pkws das Verkehrsbild in 2008 dominierten* (Fahrzeugsegmente Kleinwagen, Kompaktklasse und Mittelklasse). Es liegt nahe zu prüfen, welchen Fahrzeugbesetzungsgrad die Fahrzeuge der Befragten im Verkehr realisieren. In diesem Zusammenhang zeigt Abbildung 42 den durchschnittlichen Fahrzeugbesetzungsgrad der MiD-Fahrzeuge nach Fahrzeugsegment.

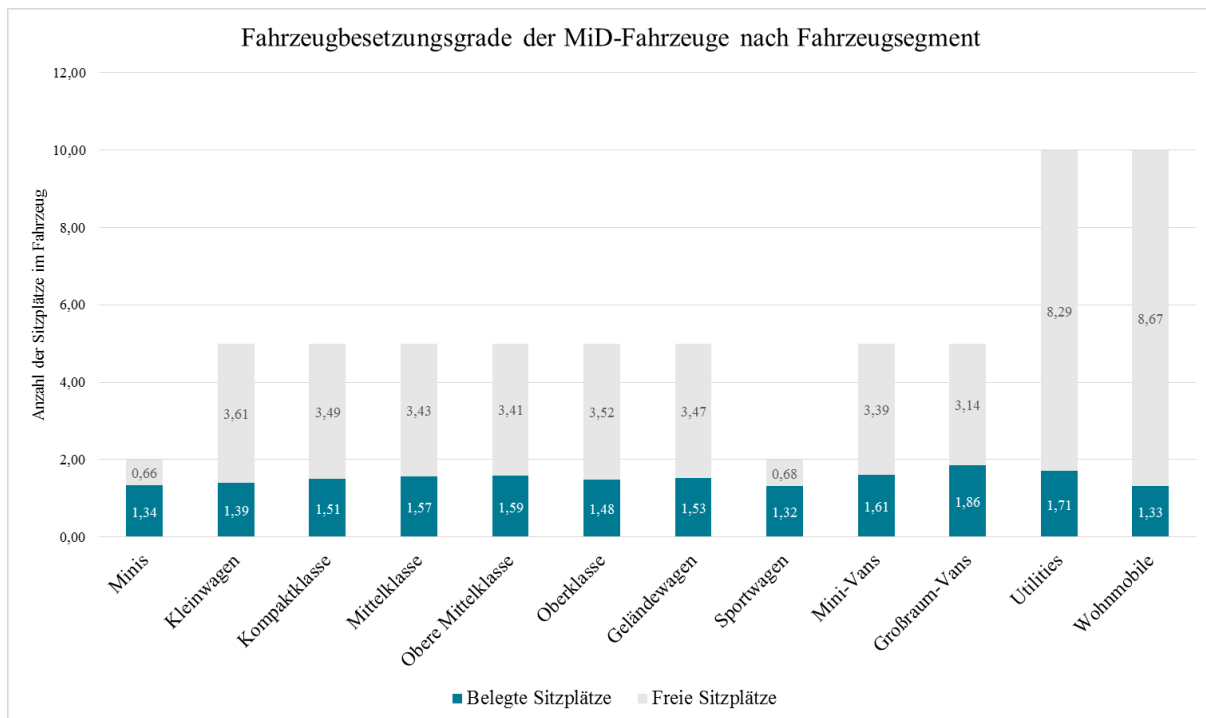


Abbildung 42: Fahrzeugbesetzungsgrade der MiD-Fahrzeuge nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die detaillierten Erhebungsumfänge sind in Anhang acht dokumentiert.¹²⁹ Diese Abbildung ist sehr aussagekräftig, da sie explizit die *Ineffizienzen* des motorisierten Individualverkehrs im Jahr 2008 aufzeigt. Eben diese Ineffizienzen (welche auch heute im Verkehr vorzufinden sind) bedingen den Forschungsbedarf und die Entwicklung eines neuen Modells – des CASE-Modells.

Zunächst einmal lässt sich sehen, dass keines der Fahrzeugsegmente den durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,86 Personen pro Fahrzeugbewegung (Maximalwert: Fahrzeugsegment Großraum-Vans) übersteigt. Mit Blick auf Abbildung 41 ist es doch bemerkenswert, dass der Fahrzeugbestand hauptsächlich durch Fünfsitzer-Pkws und nicht durch Zweisitzer-Pkws geprägt ist. Neben Kostenmotiven spricht prinzipiell auch der zunehmende Parkdruck in urbanen Räumen dafür, ein kleineres Fahrzeug zu wählen.

Wenn die Durchschnittswerte der Besetzungsgrade in allen Fahrzeugsegmenten so niedrig sind, müssen es die Extremwerte der Besetzungsgrade am äußeren Ende der Verteilung sein, welche die Nutzer dazu veranlassen, Fahrzeuge mit fünf oder mehr Sitzen zu kaufen. Daneben spielt natürlich das Automobil als Statussymbol (siehe Fahrzeugsegment Oberklasse oder Sportwagen) auch eine entscheidende Rolle.

¹²⁹ Die Anzahl der Sitzplätze differiert in der Realität abhängig von Modell und Ausstattung. Daher sind die hier veranschlagten Sitzplätze eher als Richtwert zu verstehen.

Die durchschnittlichen Besetzungsgrade der MiD-Fahrzeuge zeigen ein Problem auf, welches die Volkswirtschaft Deutschlands betrifft. Die ineffiziente Besetzung der Fünfsitzer-Pkws beziehungsweise Zehnsitzer-Pkws führt zu unnötigen Emissionen von CO₂ (siehe auch CO₂-Ausstoß der Fahrzeugsegmente in Anhang zwei).

Dieses Problem kann nur über Mobility-on-Demand-Konzepte (und durch den Einsatz von CASE-Flotten) gelöst werden. Solange jedes Individuum sein eigenes Fahrzeug besitzt, wird die Größe des Fahrzeuges durch alle erdenklichen Nutzungsfälle determiniert sein. Als Resultat blieben die in Abbildung 42 gezeigten ineffizienten Besetzungsgrade bestehen. In der Folge bleibt das Problem des zunehmenden Platzmangels in urbanen Räumen auch bestehen. Je größer die Fahrzeuge, desto stärker der Parkdruck bei gleichbleibender Fahrzeuganzahl.

4.1.6 Fahrzeugkostenstruktur

Nachdem die Themen Fahrzeugbestand, Fahrzeugsegmentierung und Fahrzeugbesetzungsgrad besprochen wurden, stellt sich die Frage, welche Kostenstruktur die deutsche Bevölkerung im Straßenverkehr in 2008 realisierte. Hierfür werden die repräsentativen Fahrzeuge der einzelnen Fahrzeugsegmente herangezogen. Man muss unterscheiden zwischen repräsentativen Fahrzeugen mit *Otto- oder Dieselmotor*. Abbildung 43 veranschaulicht die Grundpreise der repräsentativen Fahrzeuge mit Otto- beziehungsweise Dieselmotor nach Fahrzeugsegment aus dem Jahr 2008.

Grundpreis der repräsentativen Fahrzeugsegmente nach Motorenart

Minis 10.147 € 12.267 €	Kleinwagen 11.540 € 14.073 €	Kompaktklasse 18.292 € 20.970 €
Mittelklasse 26.679 € 29.219 €	Obere Mittelklasse 36.631 € 37.173 €	Oberklasse 68.669 € 68.988 €
Geländewagen 38.000 € 39.900 €	Sportwagen 51.016 € 34.850 €*	Mini-Vans 19.684 € 22.056 €
Großraum-Vans 23.553 € 25.340 €	Utilities 20.530 € 20.549 €	Wohnmobile ** 29.004 €
Ottomotor	Dieselmotor	

* Audi TT wird als repräsentatives Fahrzeug herangezogen, da Mercedes-Benz SLK und Porsche 911 nicht mit Dieselmotor gelistet sind.

** Im Fahrzeugsegment Wohnmobile sind keine Modelle mit Ottomotor unter den Top drei der Pkw-Neuzulassungen vorhanden.

Abbildung 43: Grundpreis der repräsentativen Fahrzeugsegmente nach Motorenart

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a).

Detaillierte Vergleiche der repräsentativen Fahrzeuge bezüglich Grundpreis, Kfz-Steuer, CO₂-Ausstoß, Kraftstoffverbrauch und Kraftstoffkosten nach Motorenart und Fahrzeugsegment sind in Anhang neun und zehn dokumentiert.

Zur Bildung der repräsentativen Fahrzeuge wurde der gleichgewichtete Durchschnitt aus den Kennzahlen der Top drei der Neuzulassungen in Deutschland aus dem Jahr 2008 gebildet (siehe Anhang zwei).

Zunächst fällt auf, dass in allen Fahrzeugsegmenten außer bei den Sportwagen die *repräsentativen Fahrzeuge mit Ottomotor einen geringeren Anschaffungspreis* aufweisen als solche mit Dieselmotor. Das atypische Preisgefüge im Sportwagensegment lässt sich folgendermaßen erklären: Die zu Grunde liegenden drei Modelle Audi TT, Mercedes-Benz SLK und Porsche 911 werden in der Regel für beide Motorenarten (Otto- und Dieselmotor) jeweils gleich gewichtet. Der Umstand, dass die Modelle Mercedes-Benz SLK und Porsche

911 in 2008 nicht mit Dieselmotor gelistet sind, führt dazu, dass einzig das Modell Audi TT als repräsentativ mit einem Grundpreis von 34.850 Euro herangezogen wird. Auf der anderen Seite führt beim repräsentativen Sportwagen mit Ottomotor die Gleichgewichtung der Modelle Audi TT (29.400 Euro), Mercedes-Benz SLK (38.110 Euro) und Porsche 911 (85.538 Euro) zu einem hohen durchschnittlichen Grundpreis. Hierfür verantwortlich sind die fehlenden Gegengewichte zum Mercedes-Benz SLK und zum Porsche 911.

Darüber hinaus weisen die repräsentativen Fahrzeuge mit Otto- beziehungsweise Dieselmotor in den verschiedenen Fahrzeugsegmenten auch verschiedene Kraftstoffverbräuche auf. Abbildung 44 stellt hierzu einen Überblick bereit.

Kraftstoffverbrauch der repräsentativen Fahrzeugsegmente nach Motorenart

Minis 5,1 Liter 3,9 Liter	Kleinwagen 5,8 Liter 4,5 Liter	Kompaktklasse 6,3 Liter 5,0 Liter
Mittelklasse 7,1 Liter 5,5 Liter	Obere Mittelklasse 7,6 Liter 5,8 Liter	Oberklasse 9,5 Liter 8,2 Liter
Geländewagen 9,2 Liter 7,0 Liter	Sportwagen 8,2 Liter 5,3 Liter*	Mini-Vans 6,9 Liter 5,2 Liter
Großraum-Vans 7,8 Liter 5,9 Liter	Utilities 8,8 Liter 6,4 Liter	Wohnmobile ** 7,5 Liter
Ottomotor	Dieselmotor	

* Audi TT wird als repräsentatives Fahrzeug herangezogen, da Mercedes-Benz SLK und Porsche 911 nicht mit Dieselmotor gelistet sind.

** Im Fahrzeugsegment Wohnmobile sind keine Modelle mit Ottomotor unter den Top drei der Pkw-Neuzulassungen vorhanden.

Abbildung 44: Kraftstoffverbrauch der repräsentativen Fahrzeugsegmente nach Motorenart

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a).

Während beim Grundpreis die repräsentativen Fahrzeuge mit Ottomotor fast durchweg besser beziehungsweise günstiger abschnitten, können diese beim Kraftstoffverbrauch in keinem Fahrzeugsegment mit den repräsentativen Fahrzeugen mit Dieselmotor konkurrieren.

Hinzu kommt, dass im Jahr 2008 der Preis für Benzin bei 1,39 Euro pro Liter und der für

Diesel bei nur 1,32 Euro pro Liter lag (siehe auch Abbildung 28). Hier kommt die Tatsache zum Vorschein, dass Fahrzeuge mit Dieselmotor gegenüber Fahrzeugen mit Ottomotor bei besonders häufiger Nutzung ökonomisch vorteilhaft sein können.

4.1.7 Total Cost of Ownership

Um nun die genauen Kostenstrukturen der repräsentativen Fahrzeuge zu ermitteln, wird die Total Cost of Ownership (TCO)-Kalkulation herangezogen. Grundsätzlich ist die Idee hinter der TCO-Kalkulation nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch alle sonstigen anfallenden Kosten (für beispielsweise Wartung und Reparatur) miteinzubeziehen.

Das hier verwendete TCO-Schema orientiert sich an TCO-Analysen des *Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI)* sowie an TCO-Kalkulationen der *P3 Group*.¹³⁰

Tabelle vier veranschaulicht die Total Cost of Ownership-Kalkulationsgrundlage, welche für die nachfolgenden Analysen herangezogen wird.

Jährliche Fahrzeugkosten in Euro	Anschaffungskosten ¹
	Kraftstoffkosten bzw. Stromkosten
	Wartungsaufwand
	Reparaturaufwand
	Kfz-Haftpflicht-Versicherung
	Vollkasko-Versicherung
	Kfz-Steuer
TCO in Euro/Kilometer	Jährliche Fahrzeugkosten/Jahresfahrleistung des Pkws ²

¹ Bei einer Abschreibung über sechs Jahre.

² Die Jahresfahrleistung des Pkws ist abhängig von der Motorenart.

Tabelle 4: Total Cost of Ownership-Kalkulationsgrundlage

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Plötz et al. (2013, S. 10-13) und Electrive (2015).

Die herangezogene Kalkulationsgrundlage wurde speziell für die hier stattfindende Vergleichsanalyse entwickelt. Enthalten sind alle grundlegenden Kostenfaktoren, die im Zusammenhang mit der Nutzung eines Pkw, anfallen.

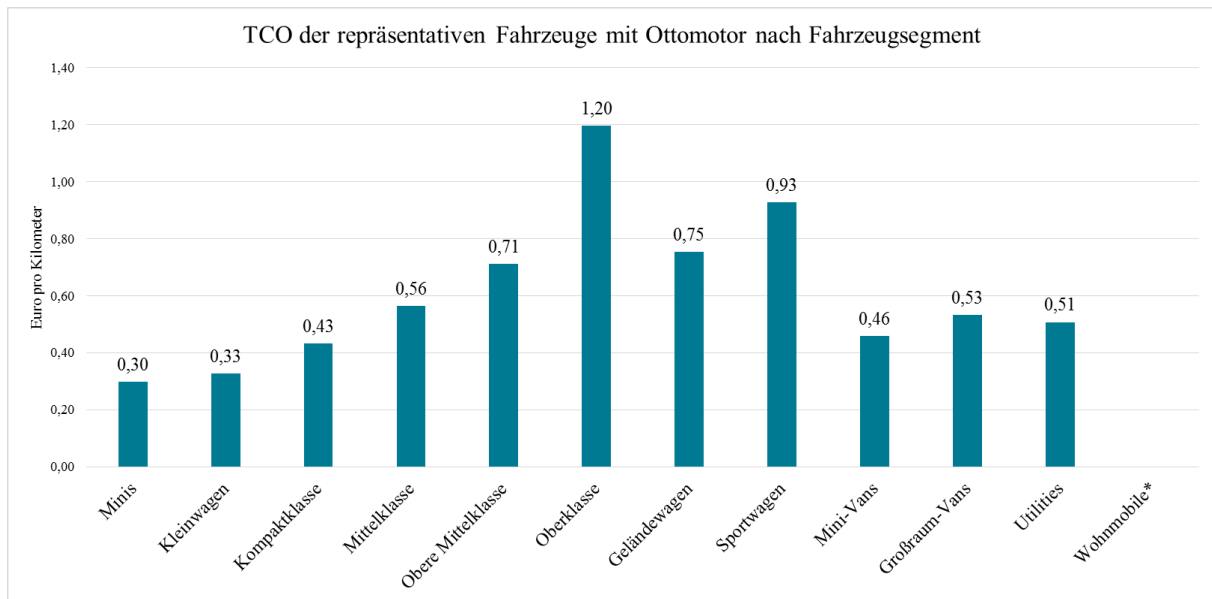
Die *Abschreibung über sechs Jahre* richtet sich nach den Vorgaben des *Bundesministeriums der Finanzen (BMF)*, welche seit dem 15.12.2000 in Deutschland gelten.¹³¹ Auf Finanzierungskosten und Restwerte wurde bei der Aufstellung der Berechnungsgrundlage verzichtet. Beide Kostenpunkte würden die Berechnungen unnötig komplexer machen, jedoch die Aussagekraft des Vergleichs nicht stärken. Das liegt daran, dass es beim Vergleich um das Aufzeigen von *Relationen* geht und zusätzliche gleiche Faktoren auf beiden Seiten diese

¹³⁰ Vgl. Plötz et al. (2013, S. 10-13) und Electrive (2015).

¹³¹ Vgl. BMF (2000).

Relationen nicht verändern.

Einzig die durchschnittliche Jahresfahrleistung fehlt jetzt noch zur Durchführung der TCO-Kalkulation. Durchschnittlich kommen Fahrzeuge mit Ottomotor auf eine Jahresfahrleistung von *11.829 Kilometern* und solche mit Dieselmotor realisieren jährlich im Schnitt *22.338 Kilometer*.¹³² Die kalkulierten TCO für repräsentative Fahrzeuge mit Ottomotor nach Fahrzeugsegment sind in Abbildung 45 aufgezeigt.



* Im Fahrzeugsegment Wohnmobile sind keine Modelle mit Ottomotor unter den Top drei der Pkw-Neuzulassungen vorhanden.

Abbildung 45: TCO der repräsentativen Fahrzeuge mit Ottomotor nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008e), ADAC (2017a), ADAC (2017b), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Beispielrechnung zur Erläuterung: Der repräsentative Mini mit Ottomotor weist bei einer Abschreibung über sechs Jahre jährliche Abschreibungskosten von 1.691,17 Euro auf (siehe Anhang neun: 10.147 Euro / 6). Die jährlichen Kraftstoffkosten belaufen sich auf 837,95 Euro (siehe Anhang neun: 0,0708 Euro pro Kilometer \times 11.829 Kilometer). Die jährlich anfallende Kfz-Steuer liegt bei 66 Euro (siehe Anhang neun). Wartungskosten (239 Euro pro Jahr), Reparaturkosten (187 Euro pro Jahr), Haftpflichtversicherung (228 Euro pro Jahr) und Vollkaskoversicherung (273 Euro pro Jahr) ergeben gebündelt jährliche Pkw-Nebenkosten von 927 Euro (siehe Abbildung 30). Um nun die TCO in Form von Kosten pro Kilometer zu kalkulieren, werden die gesamten Jahreskosten von 3.522,12 Euro (1.691,17 Euro + 837,95 + 66 Euro + 927 Euro) durch die jährliche Fahrleistung von 11.829 Kilometern geteilt: Auf zwei Nachkommastellen gerundet ergeben sich für den repräsentativen Mini mit Ottomotor Kosten von 0,30 Euro pro Kilometer.

¹³² Vgl. Mobilität in Deutschland (2008e).

Man sieht, dass die TCO-Kalkulation stark abhängig ist von der Jahresfahrleistung. Je höher diese ist, desto geringer fallen die Kosten pro Kilometer aus. Einzig die Kraftstoffkosten steigen mit zunehmender Jahresfahrleistung an. Die Fixkosten für Abschreibung, Kfz-Steuer, Reparatur und Versicherung verringern sich auf den Kilometer gerechnet mit zunehmender Jahresfahrleistung und überwiegen im Vergleich zu den variablen Kosten für Kraftstoff. Anders formuliert: Je mehr das Fahrzeug gefahren wird, desto geringer fallen die Kosten pro Kilometer aus.

Wenn man beachtet, dass Fahrzeuge mit Ottomotor durchschnittlich eine Jahresfahrleistung von 11.829 Kilometern realisieren und solche mit Dieselmotor fast doppelt so viele Kilometer jährlich zurücklegen (22.338 Kilometer pro Jahr), kommt man zu dem Schluss, dass Fahrzeuge mit Dieselmotor auch niedrigere Kosten pro Kilometer aufweisen sollten.

Abbildung 46 stellt in diesem Zusammenhang die Berechnungen hierzu bereit.

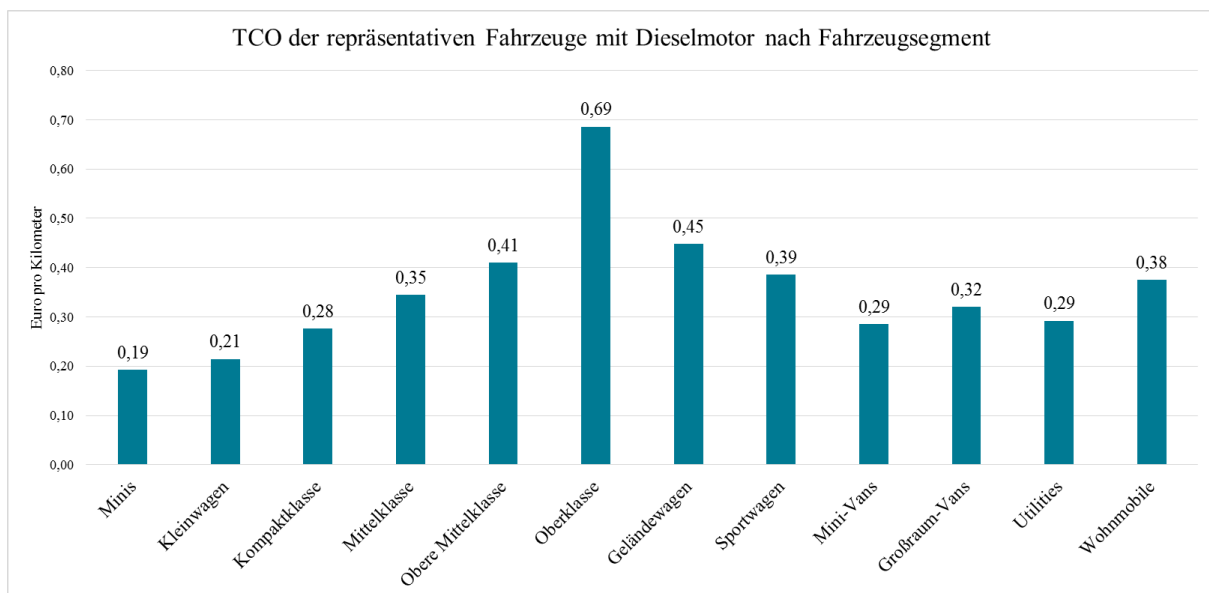


Abbildung 46: TCO der repräsentativen Fahrzeuge mit Dieselmotor nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008e), ADAC (2017a), ADAC (2017b), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Die komprimierte TCO-Kalkulation für die repräsentativen Fahrzeuge mit Otto- beziehungsweise Dieselmotor befindet sich in Anhang elf.

Wie vermutet, realisieren die repräsentativen Fahrzeuge mit Dieselmotor auf Grund von der hohen Jahresfahrleistung in allen Fahrzeugsegmenten geringere Kosten pro Kilometer als repräsentative Fahrzeuge mit Dieselmotor.

Wenn die Jahresfahrleistung ausschlaggebend für die Realisation von geringen Kosten pro Kilometer ist, lohnt es sich zu fragen, welche Jahresfahrleistung CASE-Flotten, die einer

geteilten Nutzung unterliegen, realisieren. Intuitiv sollte man davon ausgehen, dass der Umstieg von einem eigentumsbasierten Modell auf ein Modell der geteilten Nutzung zu einer Intensivierung der Nutzung führt. Das würde für die TCO-Kalkulation noch geringere Kosten pro Kilometer im Vergleich zu den repräsentativen Fahrzeugen mit Dieselmotor bedeuten. Ob dies so ist, wird die CASE-Simulation und die damit verbundene Prüfung der aufgestellten Hypothesen zeigen.

4.2 CASE-Simulation

Nachdem der Ist-Zustand der Mobilität in Deutschland im Jahr 2008 beleuchtet wurde, sollen nun die CASE-Simulation und deren Potentiale vergleichend hervorgehoben werden. Bei der Anwendung der CASE-Simulation auf den Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz sind die in Unterabschnittspunkt 3.6.1 aufgestellten CASE-Annahmen als Grundlage für die Datenanalyse zu sehen. Da der Datensatz konkrete Filtermöglichkeiten bietet, können in diesem Zusammenhang die aufgestellten CASE-Annahmen im Rahmen des *CASE-Kriteriums* Daten-spezifisch Anwendung finden.

4.2.1 Das CASE-Kriterium

Das CASE-Kriterium stellt den Daten-spezifischen Filter dar, welcher angewendet wird, um die grundlegenden CASE-Annahmen abzubilden.

In Abbildung 47 ist das CASE-Kriterium bezogen auf den Stadt- und Gemeindetyp dargestellt.

Das CASE-Kriterium bezogen auf Stadt- und Gemeindetyp	
sgtypd: BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	
11: Große Kern- und Großstädte (≥ 500.000 Einwohner)	CASE-Kriterium
12: Kleinere Kern- und Großstädte (≥ 100.000 bis 500.000 Einwohner)	CASE-Kriterium
21: Größere Mittelstädte (≥ 50.000 bis 100.000 Einwohner)	CASE-Kriterium
22: Kleinere Mittelstädte (≥ 20.000 bis 50.000 Einwohner)	CASE-Kriterium
30: Kleinstädte (≥ 10.000 bis 20.000 Einwohner)	CASE-Kriterium
41: Große ländliche Gemeinden (≥ 7.500 bis 10.000 Einwohner)	Ausgeschlossenes Kriterium
42: Kleine ländliche Gemeinden (< 7.500 Einwohner)	Ausgeschlossenes Kriterium

Abbildung 47: Das CASE-Kriterium bezogen auf Stadt- und Gemeindetyp

Quelle: Eigene Darstellung

Dieser Filter bezieht sich auf die Annahme, dass nur Städte mit 10.000 oder mehr

Einwohnern, aber keine Gemeinden im Kontext der CASE-Simulation betrachtet werden. Grund hierfür ist, dass Städte im Gegensatz zu Gemeinden eine hinreichend dichte Struktur aufweisen, um mit dem Angebot an CASE-Flotten versorgt zu werden. Die allgemeinen Mobilitätskennzahlen der Gemeinden werden jedoch zusätzlich für eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung herangezogen.

Dies bedeutet: Der Verkehr aus dem Jahr 2008 in Deutschland wird aufs Neue beleuchtet – nur dieses Mal wird der urbane Verkehr (in Städten mit mehr als 10.000 Einwohnern) nicht mit konventionellen eigentumsbasierten Fahrzeugen, sondern mit Hilfe von CASE-Flotten abgebildet. Der Verkehr in den Gemeinden bleibt hierbei *ceteris paribus* so wie er bereits in Deutschland in 2008 war.

Neben den für die CASE-Simulation gesetzten Filtern in Abbildung 47 wurden zur Anwendung der CASE-Annahmen weitere Filter gesetzt. Abbildung 48 veranschaulicht in diesem Zusammenhang das *CASE-Kriterium bezogen auf Verkehrsmittel, Stichtag und Wegetyp*.

Das CASE-Kriterium bezogen auf Verkehrsmittel, Stichtag und Wegetyp

hvm_diff: Hauptverkehrsmittel (differenziert)
1: Zu Fuß
2: Fahrrad
3: Mofa Moped
4: Motorrad
5: Pkw (Mitfahrer)
6: Pkw (Fahrer)
7: Lkw
8: ÖPNV
9: Taxi
st_dat: Beginn Weg (Stichtag/Folgetag)
0: Stichtag
1: Folgetag
en_dat: Ende Weg (Stichtag/Folgetag)
0: Stichtag
1: Folgetag
w01: War der Ausgangspunkt Ihres ersten Weges zu Hause oder woanders?
1: Zu Hause
2: Der Arbeitsplatz
3: Woanders in Ihrer Stadt oder Ihrem Ort
4: Woanders außerhalb Ihrer Stadt oder Ihrem Ort
7: Verweigert
8: Weiß nicht
9: Keine Angabe
w13: Waren Sie zu einem Ziel innerhalb oder außerhalb Ihrer Stadt oder Ihrem Ort unterwegs?
1: Zu Hause
2: Arbeitsplatz
3: Anderes Ziel innerhalb der Stadt oder des Ortes
4: Anderes Ziel außerhalb der Stadt oder des Ortes
5: Rundweg
7: Verweigert
8: Weiß nicht
9: Keine Angabe

CASE-Kriterium
Ausgeschlossenes Kriterium

Abbildung 48: Das CASE-Kriterium bezogen auf Verkehrsmittel, Stichtag und Wegetyp

Quelle: Eigene Darstellung

Wie auch schon in Abbildung 47 beinhaltet diese Übersicht die Variablenkürzel (zum Beispiel hvm_diff: Hauptverkehrsmittel (differenziert)) und Wertelabel (beispielsweise fünf: Pkw (Mitfahrer)). Bei der Variable Hauptverkehrsmittel (differenziert) wurden für die CASE-Simulation alle Wege betrachtet mit den Angaben: Mitfahrer in einem Pkw (fünf), Fahrer in

einem Pkw (sechs) und Taxifahrt (neun). Inkludiert wurden in die Betrachtung darüber hinaus alle Wege, die am Stichtag begannen und an selbigem auch wieder endeten.

Um den City-Verkehr adäquat abzubilden, ist das CASE-Kriterium dadurch gekennzeichnet, dass nur die Wege betrachtet werden, die zu Hause (eins), am Arbeitsplatz (zwei) oder woanders innerhalb der Stadt beziehungsweise innerhalb des angegebenen Ortes (drei) begannen und endeten. Darüber hinaus wurden Rundwege (fünf) innerhalb der Stadt mit in die Betrachtung aufgenommen.

Das CASE-Kriterium dient nicht nur als Grundlage für die CASE-Simulation. Es ermöglicht auch einen Blick auf die urbanen Mobilitätsströme des Individualverkehrs, welche mit dem Pkw stattfinden.

Im folgenden Unterabschnittspunkt wird gezeigt, auf welchen Teil der MiD-2008-Befragten beziehungsweise auf welchen Teil der Deutschen in 2008 das CASE-Kriterium zutraf.

4.2.2 Bevölkerungsverteilung

Nachdem nun die konkrete Anwendung der CASE-Annahmen auf den MiD-2008-Datensatz durch das CASE-Kriterium dargelegt wurde, stellt sich nun die Frage, auf welchen Teil der Befragten beziehungsweise auf welchen Teil der Bevölkerung Deutschlands dieses Kriterium in 2008 zutraf.

Die Datenauswertung hat ergeben, dass das CASE-Kriterium nur auf einen Teil der Wege am Stichtag zutraf. Abbildung 49 veranschaulicht die Verteilung der Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp.

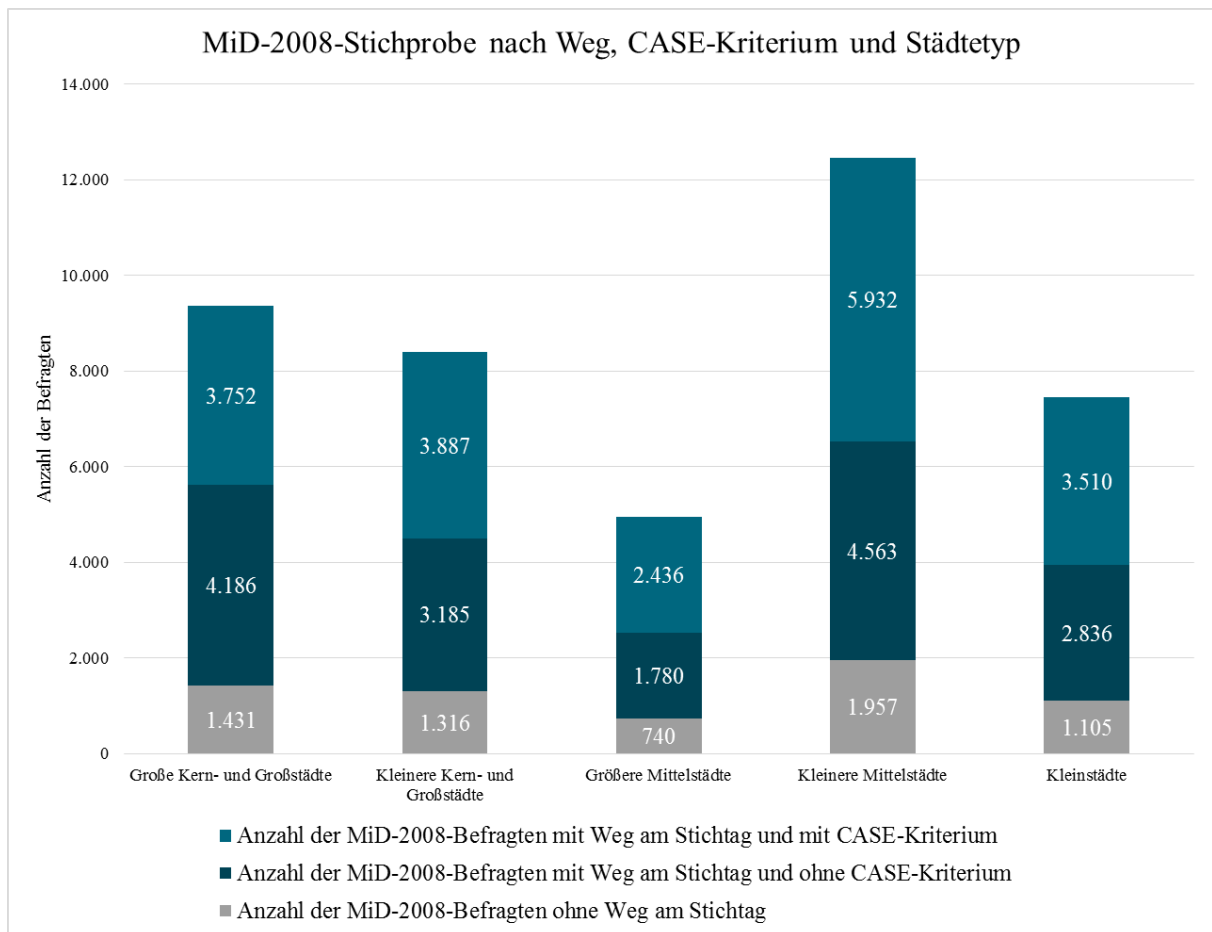


Abbildung 49: MiD-2008-Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Beispielhaft lässt sich der Inhalt dieser Abbildung folgendermaßen beschreiben: Von den 9.369 Befragten aus großen Kern- und Großstädten traten 1.431 Befragte am Stichtag gar keinen Weg an. Sie verließen also überhaupt nicht das Haus am Stichtag. Denkbare Gründe hierfür könnten sein: Zufälliges Verbleiben am Wohnplatz an diesem Tag, Behinderungen oder altersbedingte Gründe. 4.186 Befragte legten mindestens einen Weg am Stichtag zurück, welcher aber nicht unter das CASE-Kriterium fiel. Dies bedeutet, dass der Weg zum Beispiel zu Fuß oder mit dem ÖPNV stattgefunden haben kann. 3.752 Personen gaben an, am Stichtag mindestens einen Weg der unter das CASE-Kriterium fiel, zurückgelegt zu haben.

Da sich das CASE-Kriterium lediglich auf die Städte Deutschlands in 2008 bezieht, sind die Gemeinden mit weniger als 10.000 Einwohnern hier nicht aufgeführt.

Die prozentuale Verteilung der Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp ist in

Abbildung 50 dargestellt.

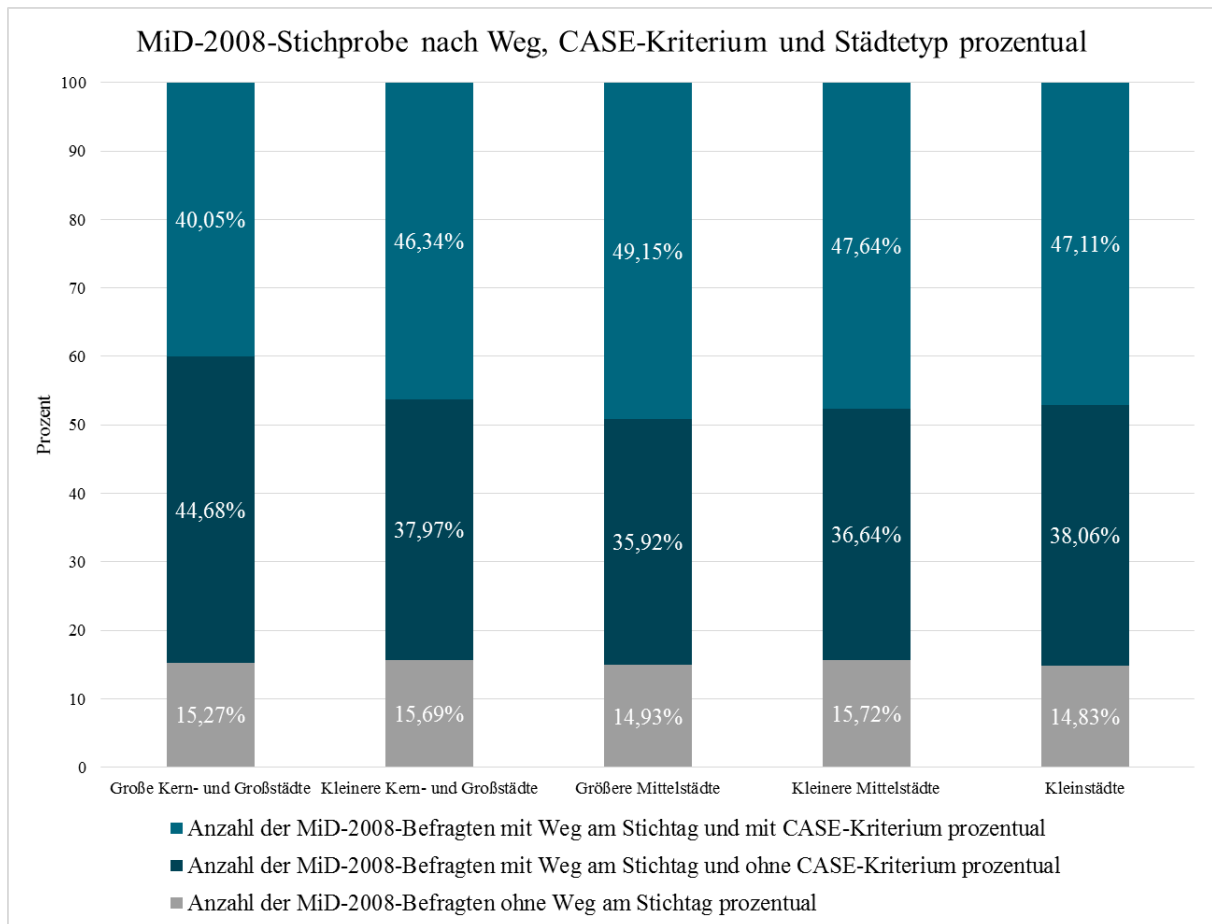
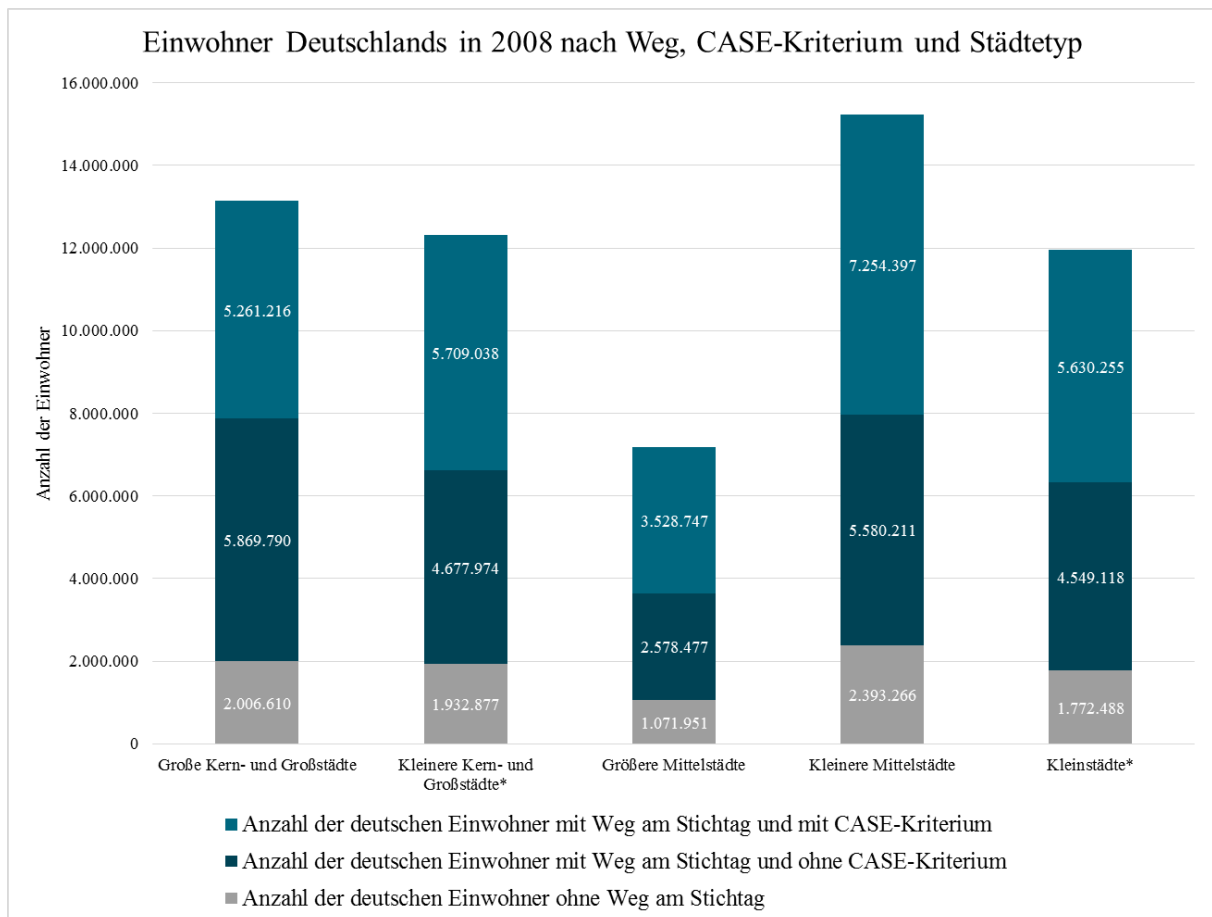


Abbildung 50: MiD-2008-Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp prozentual

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die prozentuale Verteilung wird in diesem Zusammenhang herangezogen, um Rückschlüsse auf die Bevölkerung Deutschlands und deren urbanes Mobilitätsverhalten in 2008 ziehen zu können.

Überträgt man die prozentuale Verteilung der MiD-2008-Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp auf die Realbevölkerung Deutschlands in 2008, ergibt sich Abbildung 51.



Verteilung basiert auf der Stichprobenverteilung (Grundgesamtheit entspricht dem Realbestand).

* Abweichungen bei der Summe auf Grund von Rundung enthalten.

Abbildung 51: Einwohner Deutschlands in 2008 nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Eine detaillierte Dokumentation der Ergebnisse aus den Abbildungen 49 bis 51 befindet sich im Anhang (siehe Anhang zwölf bis 14). Auf Basis der Bevölkerungsverteilung lassen sich nachfolgend Aussagen über das urbane Mobilitätsverhalten der deutschen Bevölkerung im Jahr 2008 treffen.

4.2.3 Fahrtensegmentierung

In Unterabschnittspunkt 4.1.4 wurde bereits die Fahrzeugsegmentierung, welche sich aus der Mobilität in Deutschland 2008 Befragung ergeben hat, dargestellt. Während die Fahrzeugsegmentierung den allgemeinen Autobestand in Deutschland betrifft, soll nun die Frage geklärt werden, ob auch die *Fahrten in den Städten* und deren Verteilung auf die Fahrzeugsegmente kongruent zur Segmentierung des Fahrzeugbestandes verteilt sind. Immerhin ist es möglich, dass ein bestimmtes Fahrzeugsegment nur selten im Fahrzeugbestand der Befragten vorkommt, jedoch intensiver genutzt wird als andere

Fahrzeugsegmente, welche mit einem höheren Anteil im Fahrzeugbestand vertreten sind. Dass dem nicht so ist, zeigt Abbildung 52. Im Vergleich zur Fahrzeugsegmentierung (siehe auch Abbildung 41) ist die Fahrtensegmentierung im urbanen Verkehr ähnlich verteilt.

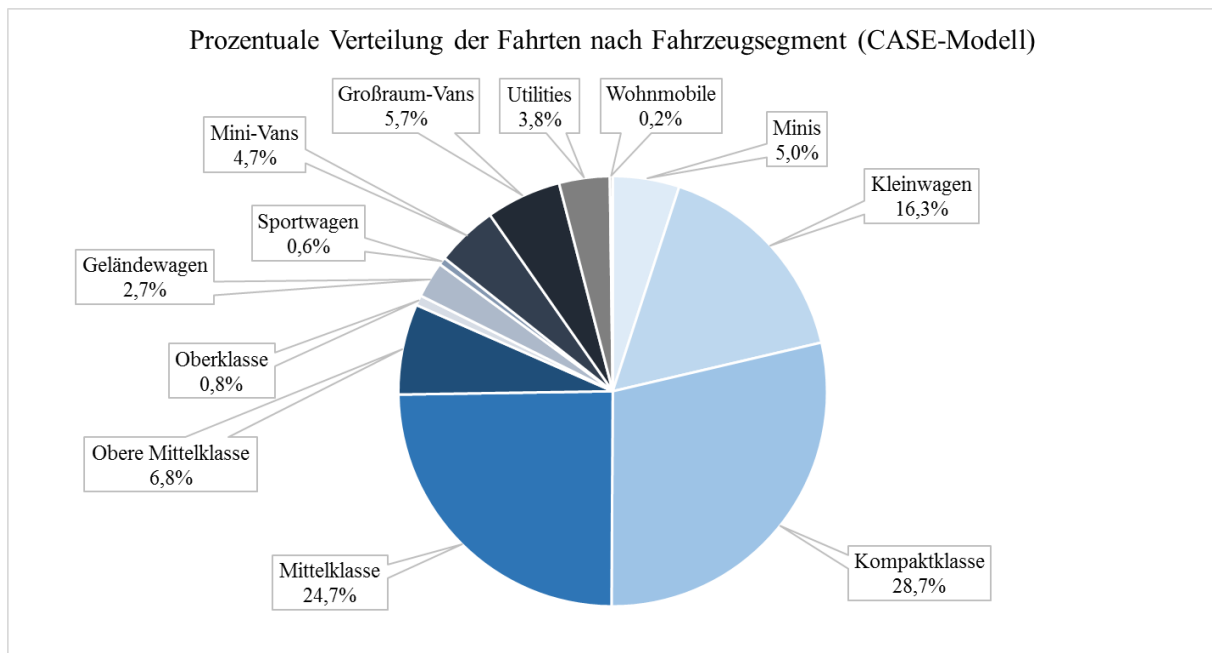


Abbildung 52: Prozentuale Verteilung der Fahrten nach Fahrzeugsegment (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die hier dargestellte Fahrtenverteilung nach Fahrzeugsegment bezieht sich auf alle Fahrten in den fünf Städtetypen, auf welche das CASE-Kriterium zutrifft. Eine detaillierte Betrachtung mit absoluten Zahlen nach Städtetyp befindet sich in Anhang 15.

Man kann also schließen: Der Autobestand der Deutschen im Jahr 2008 war zumindest was den urbanen Verkehr anbelangt stark nach dem Nutzungsbedürfnis gerichtet. Die maximale Abweichung in der Verteilung lag bei 2,6 Prozent (Fahrzeugsegment Großraum-Vans).

Man weiß nun, wie der Fahrzeugbestand und die urbanen Fahrten segmentiert sind (Unterabschnittspunkte 4.1.4 und 4.2.3). Darüber hinaus wurde bereits besprochen, welcher Fahrzeugbesetzungsgrad in den einzelnen Fahrzeugsegmenten realisiert wird (Unterabschnittspunkt 4.1.5). Um ein noch besseres Bild vom urbanen Verkehr zu bekommen, werden jetzt die *Fahrtengruppierungen und Fahrzeugbewegungen* in den einzelnen Städtetypen beleuchtet.

4.2.4 Fahrtengruppierungen und Fahrzeugbewegungen

Man hat bereits beim Fahrzeugbesetzungsgrad (siehe auch Abbildung 42) gesehen, dass die Befragten der Mobilität in Deutschland 2008 Erhebung in wesentlich kleineren Gruppen die

Fahrzeuge nutzen, als es die Sitzplatzkapazitäten der Fahrzeuge ermöglichen. Durchschnittlich sind alle Fahrzeugsegmente durchweg mit weniger als zwei Personen beim Fahren besetzt. Die Sitzplatzkapazität hingegen liegt außer beim Fahrzeugsegment Minis (und Sportwagen) immer bei fünf oder mehr Sitzplätzen. Diese Ineffizienz in den Fahrzeugbesetzungsgraden spiegelt sich auch in den Fahrtengruppierungen im urbanen Verkehr.

Um die urbanen Fahrtengruppierungen besser zu verstehen, wird an dieser Stelle der Begriff der Fahrzeugbewegung eingeführt. Warum die Fahrzeugbewegung bei der Betrachtung der Fahrtengruppierungen hilfreich ist, zeigt Tabelle fünf.

	Anzahl der Personen im Fahrzeug										Summe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Große Kern- und Großstädte Fahrten	3.706	3.161	834	362	97	20	20	4	1	0	8.205
Große Kern- und Großstädte Fahrzeugbewegungen*	3.706	1.580,5	278,0	90,5	19,4	3,3	2,9	0,5	0,1	0,0	5.681
Große Kern- und Großstädte Fahrzeugbewegungen kumuliert	5.286,5		387,9				6,8				
Kleinere Kern- und Großstädte Fahrten	3.991	3.031	955	424	172	13	2	2	1	0	8.591
Kleinere Kern- und Großstädte Fahrzeugbewegungen*	3.991	1.515,5	318,3	106,0	34,4	2,2	0,3	0,3	0,1	0,0	5.968
Kleinere Kern- und Großstädte Fahrzeugbewegungen kumuliert	5.506,5		458,7				2,8				
Größere Mittelstädte Fahrten	2.401	1.858	527	249	82	16	0	1	0	0	5.134
Größere Mittelstädte Fahrzeugbewegungen*	2.401	929,0	175,7	62,3	16,4	2,7	0,0	0,1	0,0	0,0	3.587
Größere Mittelstädte Fahrzeugbewegungen kumuliert	3.330,0		254,3				2,8				
Kleinere Mittelstädte Fahrten	6.052	3.992	1.170	563	178	23	3	9	2	0	11.992
Kleinere Mittelstädte Fahrzeugbewegungen*	6.052	1.996,0	390,0	140,8	35,6	3,8	0,4	1,1	0,2	0,0	8.620
Kleinere Mittelstädte Fahrzeugbewegungen kumuliert	8.048,0		566,4				5,6				
Kleinstädte Fahrten	3.638	2.312	731	329	84	30	14	1	5	1	7.145
Kleinstädte Fahrzeugbewegungen*	3.638	1.156,0	243,7	82,3	16,8	5,0	2,0	0,1	0,6	0,1	5.144
Kleinstädte Fahrzeugbewegungen kumuliert	4.794,0		342,7				7,8				

* Fahrzeugbewegungen ergeben sich aus der Fahrtenanzahl dividiert durch die Gruppengröße.

Tabelle 5: Fahrten und Fahrzeugbewegungen nach Personengruppen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Beispielhaft seien hier die Befragten der großen Kern- und Großstädte herangezogen. Von den 3.752 Befragten, deren Wege am Stichtag unter das CASE-Kriterium fielen (siehe Abbildung 49), gingen 8.205 Fahrten aus (siehe Tabelle fünf: Spaltensumme). Im Hinblick auf die Gruppierungen sagen die Fahrten auf Grund des Befragungsdesigns wenig aus. Wenn drei Personen eines Haushaltes gemeinsam in einem Fahrzeug einen Weg zurücklegten, der unter das CASE-Kriterium fiel, tauchen in Tabelle fünf in der dritten Spalte (Anzahl der Personen im Fahrzeug: Drei) drei Fahrten auf. Es fand jedoch nur eine Fahrzeugbewegung statt. Um also die Fahrzeugbewegungen zu berechnen, muss die Fahrtenanzahl je Gruppierung durch die Gruppengröße dividiert werden.¹³³

Besser ist es also zu sagen: Von den 3.752 Befragten, deren Wege am Stichtag unter das CASE-Kriterium fielen, gingen 5.681 Fahrzeugbewegungen aus. Von den 5.681

¹³³ Bei der Umrechnung von Fahrten in Fahrzeugbewegungen kann es auch vorkommen, dass Haushaltsmitglieder mit Personen, die nicht an der Befragung teilnahmen, gemeinsam in Gruppen Fahrten antraten. Diese Ungenauigkeit wird weitestgehend neutralisiert, sobald mit Hilfe des CASE-Modells und auf Basis der Stichprobe Hochrechnungen stattfinden, die Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit erlauben.

Fahrzeugbewegungen waren 5.286,5 Fahrzeugbewegungen mit einer oder zwei Personen je Fahrzeug besetzt. 387,9 Fahrzeugbewegungen waren mit drei bis fünf Personen je Fahrzeug besetzt und 6,8 Fahrzeugbewegungen waren mit sechs bis zehn Personen je Fahrzeug besetzt.

Bei der prozentualen Betrachtung dieser Datenauswertung ergeben sich die in Abbildung 53 dargestellten Werte.

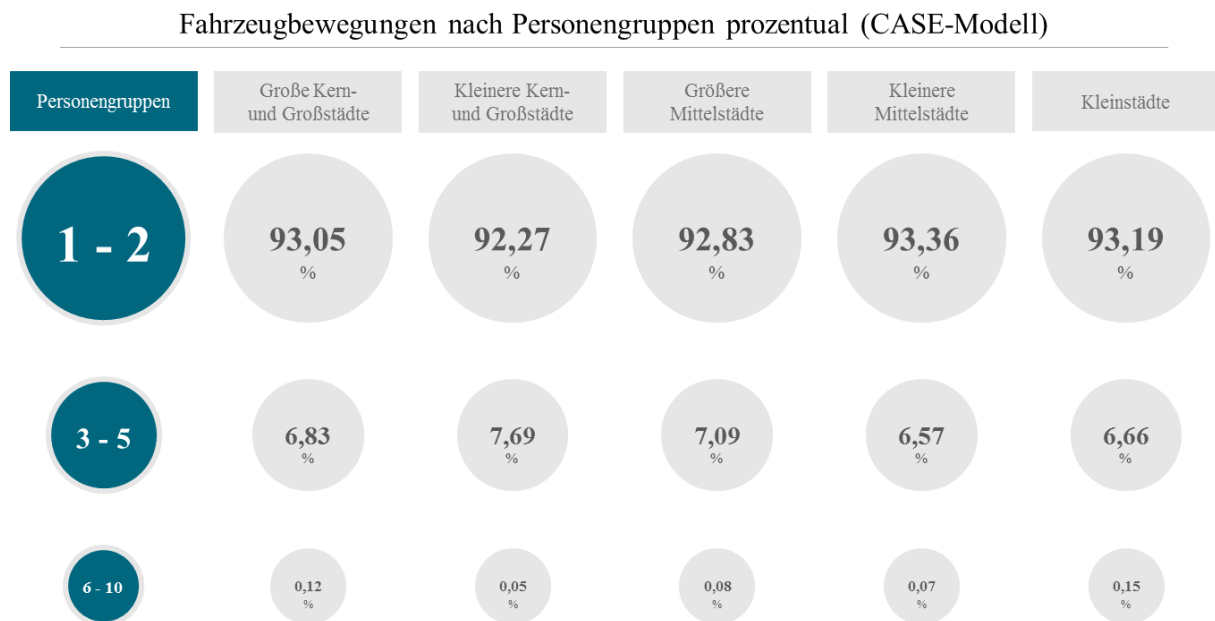


Abbildung 53: Fahrzeugbewegungen nach Personengruppen prozentual (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Eine detaillierte Dokumentation sowohl der Fahrzeugbewegungen nach Personengruppen als auch der daraus resultierenden Fahrzeugbewegungen je Befragten mit CASE-Kriterium befindet sich in den Anhängen 16 und 17.

In Abbildung 53 ist zu sehen, dass in allen fünf Städtetypen *über 90 Prozent der urbanen Fahrzeugbewegungen alleine oder zu zweit* stattfinden. Die Gruppierung von drei bis fünf Personen tritt nur bei zirka sieben Prozent der Fahrzeugbewegungen auf. In nicht einmal 0,2 Prozent der Fälle befinden sich bei urbanen Fahrzeugbewegungen sechs bis zehn Personen im Pkw.

Schaut man nun noch einmal auf Abbildung 41 (segmentierter Fahrzeugbestand) und Abbildung 52 (segmentierte urbane Fahrten), überrascht auch nicht der ineffiziente Besetzungsgrad in Abbildung 42.

Ergo: Der urbane motorisierte Individualverkehr mit Pkws ist geprägt durch Fahrzeuginsassen, die alleine oder zu zweit fahren. Das Fahrzeugsegment Minis würde für die urbanen Mobilitätsbedarfe also weitestgehend die kosteneffizienteste Lösung bereitstellen.

Dennoch sind Minis sowohl beim Fahrzeugbestand als auch bei den urbanen Fahrten nur mit zirka fünf Prozent vertreten. Ein Großteil des Pkw-Bestandes ist geprägt durch Fahrzeuge mit fünf oder mehr Sitzen. Dies scheint durch die wenigen Fälle, in denen mehr als zwei Personen eine Fahrt antreten (und Reisen etc.), determiniert zu sein.¹³⁴

Hier zeichnet sich bereits ab, dass nur der Einsatz von Mobility-on-Demand-Konzepten beziehungsweise CASE-Flotten ein Nachfrage-gerechtes Angebot im urbanen Verkehr schaffen können. CASE-Flotten sind in diesem Zusammenhang aus zwei Gründen vielversprechend:

Zum einen lassen sie sich mit eigentumsbasierten Fahrzeugen kombinieren und müssen keinesfalls marktverzerrend wirken. Andererseits können sie die Nachfrage von Personen, die alleine oder zu zweit fahren, sowohl mit Minis als auch mit größeren beziehungsweise exklusiveren Fahrzeugen bedienen.

CASE-Flotten stellen also keineswegs einen regulativen Eingriff in das Wirtschaftsgeschehen dar und hebeln Marktgesetze aus. Sie funktionieren marktkonform und erlauben für preissensible Pkw-Nutzer optimierte Fahrzeugsegmente und -größen. Pkw-Nutzern mit einem Premiumanspruch steht es nach wie vor frei, ein eigenes Fahrzeug eines beliebigen Segmentes zu besitzen oder Mobility-on-Demand-Fahrzeuge aus dem Premiumsegment zu ordern.

4.2.5 Fahrtenlänge, Fahrtendauer und Durchschnittsgeschwindigkeit

Bei der Modellierung des urbanen Verkehrsgeschehens in Deutschland 2008 sind die Kenngrößen Fahrtenlänge, Fahrtendauer und Durchschnittsgeschwindigkeit unerlässlich. Durchschnittlich ergaben sich in den verschiedenen Städtetypen unter dem CASE-Kriterium die nachfolgenden Fahrtenlängen.¹³⁵

¹³⁴ Bei der Verteilung der Fahrzeugsegmente dürften darüber hinaus auch Prestigemotive und Gepäckanforderungen beispielsweise eine Rolle spielen.

¹³⁵ Die Länge und Dauer einer Fahrt entspricht auch der Länge und Dauer einer Fahrzeugbewegung.

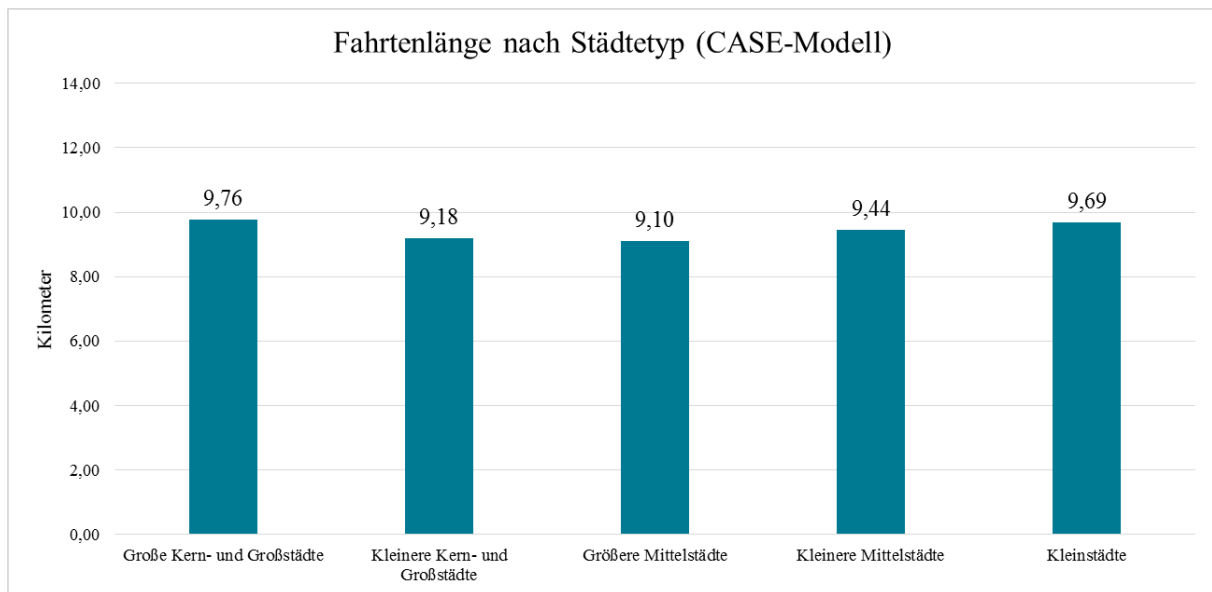


Abbildung 54: Fahrtenlänge nach Städtetyp (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Eine detaillierte Dokumentation der Datenauswertung befindet sich in Anhang 18.

Wie sich sehen lässt, liegt die durchschnittliche Fahrtenlänge im urbanen Verkehr in allen Städtetypen zwischen neun und zehn Kilometern. Es lässt sich weder ein klarer Aufwärts- noch ein Abwärtstrend bei der Fahrtenlänge mit abnehmender Einwohnerzahl erkennen.

Anders ist es bei der Fahrtendauer, wie sich in Abbildung 55 beziehungsweise Anhang 19 erkennen lässt.

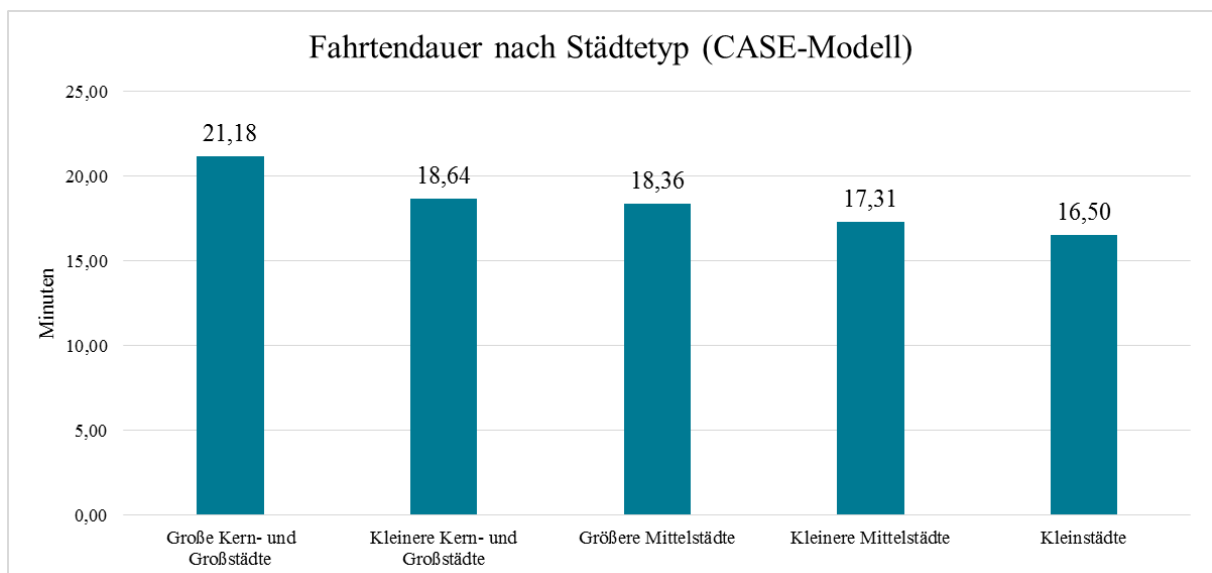


Abbildung 55: Fahrtendauer nach Städtetyp (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Mit abnehmender Städtegröße vermindert sich die durchschnittliche Fahrtendauer bei ungefähr gleicher Fahrtenlänge. Dies könnte den folgenden Grund haben: Auf gleicher

Strecke sehen sich die Verkehrsteilnehmer in größeren Städten mit mehr Staubildung konfrontiert.

Aus diesen beiden Diagrammen ergibt sich die realisierte Durchschnittsgeschwindigkeit, welche in Abbildung 56 dargestellt beziehungsweise in Anhang 20 dokumentiert ist.

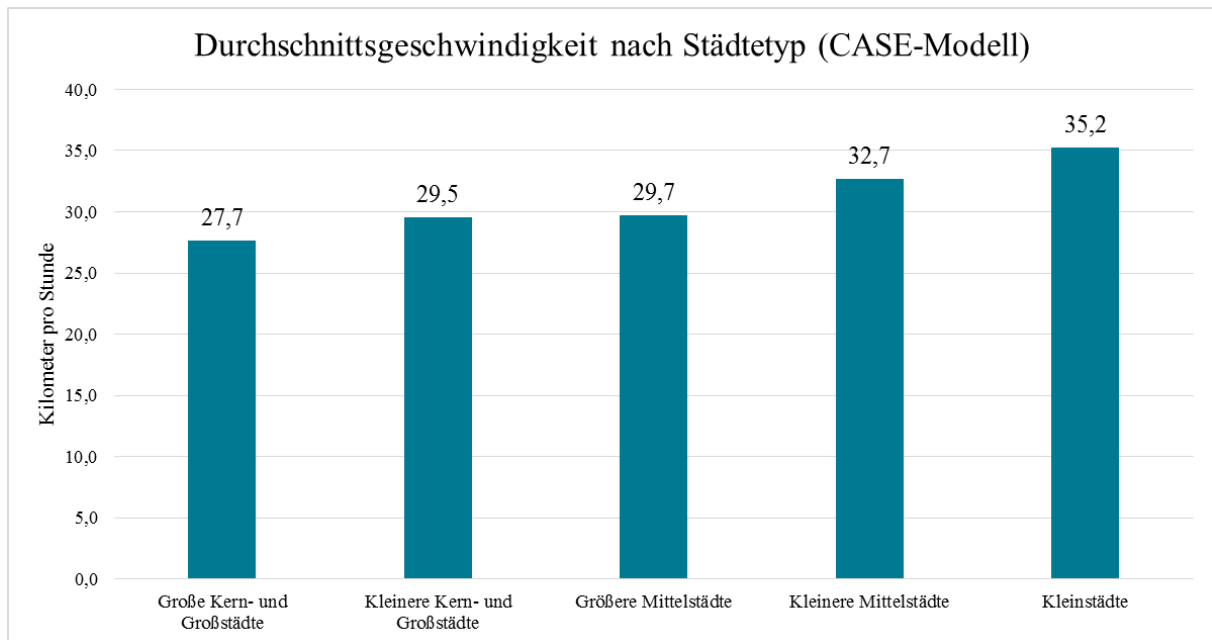


Abbildung 56: Durchschnittsgeschwindigkeit (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Mit allen Ampelstopps und Stauzeiten realisierte die urbane Bevölkerung Deutschlands in 2008 Durchschnittsgeschwindigkeiten, die zwischen 27,7 und 35,2 Kilometern pro Stunde lagen.

Hier lässt sich bereits sehen, dass CASE-Flotten auf Grund des Wegfalls von Ampelstopps und Stauzeiten nach einem *Proof-of-Concept* durchaus in der Lage wären, erhöhte Durchschnittsgeschwindigkeiten wie beispielsweise 50 Kilometer pro Stunde im urbanen Raum zu realisieren.

4.2.6 Urbane Jahresfahrleistung

Es wurde bereits angesprochen, dass in 2008 Fahrzeuge mit Ottomotor durchschnittlich im Jahr auf eine Fahrleistung von 11.829 Kilometern und solche mit Dieselmotor auf 22.338 Kilometer kamen.¹³⁶ In dieser Fahrleistung sind über die Bewältigung des urbanen Verkehrs auch alle Reisen und sonstigen Fahrzeugbewegungen enthalten. Mit Hilfe des CASE-Kriteriums und der CASE-Simulation soll nun herausgefunden werden, welche

¹³⁶ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008e).

Jahresfahrleistung allein dem urbanen Verkehr zuzurechnen ist.

Für die Berechnung der urbanen Jahresfahrleistung der Fahrzeuge nach Städtetyp wurden in den vorangegangenen Passagen bereits alle notwendigen Informationen bereitgestellt. Wendet man die Ergebnisse der Befragung auf die realen Einwohnerzahlen Deutschlands in 2008 an, ergibt sich folgende Rechnung:

Man multipliziert die Zahl der deutschen Einwohner (mit Weg und CASE-Kriterium) aus Anhang 14 mit den durchschnittlich verursachten Fahrzeugbewegungen je Einwohner (mit CASE-Kriterium) aus Anhang 17, der durchschnittlichen Fahrtenlänge aus Anhang 18 und 366 (das Jahr 2008 hatte 366 Tage). So erhält man die in Anhang 21 aufgeführten jährlich durch Fahrzeugbewegungen verursachten Strecken im urbanen Raum. Diese Herangehensweise erlaubt es sogar, die *jährlich durch Fahrzeugbewegungen verursachten Strecken im urbanen Raum nach Personengruppen* zu unterteilen.

Dividiert man nun die Gesamtstrecken, welche je Städtetyp durch Fahrzeugbewegungen im urbanen Raum erzeugt werden, durch die gemeldete Pkw-Anzahl in den einzelnen Städtetypen (Anhang sechs), erhält man die in Abbildung 57 dargestellte urbane Jahresfahrleistung je Fahrzeug nach Städtetyp.

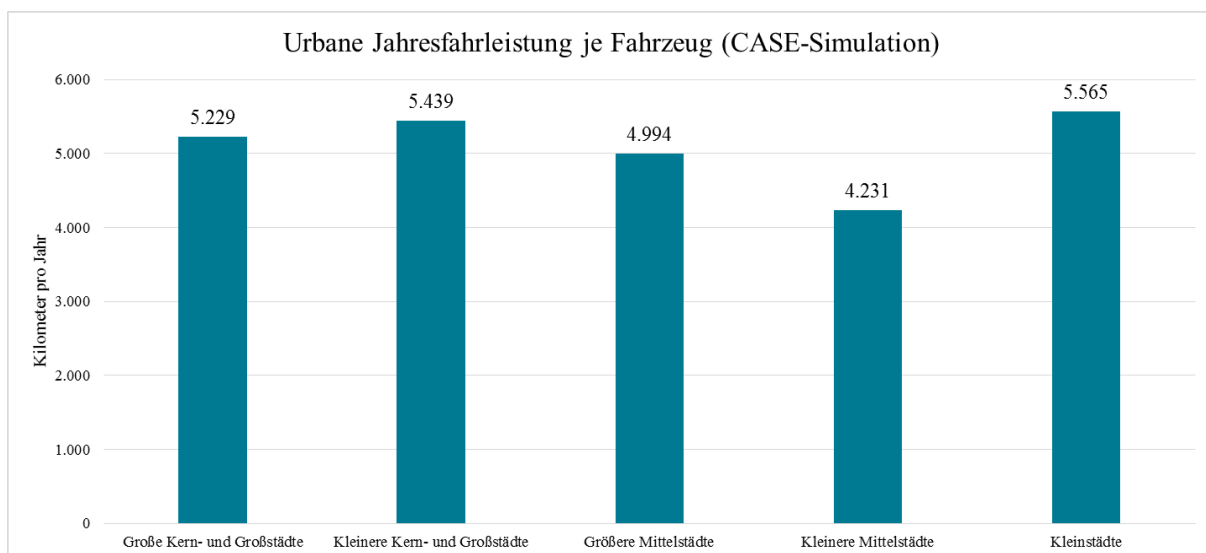


Abbildung 57: Urbane Jahresfahrleistung je Fahrzeug (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Bei der Berechnung der urbanen Jahresfahrleistung je Fahrzeug kann bereits von der CASE-Simulation und nicht mehr vom CASE-Modell gesprochen werden. Grund hierfür ist, dass das CASE-Modell die grundlegenden CASE-Annahmen beinhaltet und darüber hinaus tagesbezogen ist. Durch die Multiplikation mit 366 wird über die Betrachtung des

Tagesverkehrs hinaus der Jahresverkehr simuliert – diese Simulation ist bereits Teil der CASE-Simulation.

Wie zu sehen ist, liegen die Jahresfahrleistungen je Fahrzeug nach Städtetyp auf einer Bandbreite zwischen 4.231 und 5.565 Kilometern pro Jahr. Daraus lässt sich schlussfolgern: Der urbane Verkehr macht nur einen Teil der Jahresfahrleistung von Pkws in Deutschland in 2008 aus. Fahrzeuge mit Ottomotor realisierten durchschnittlich im Jahr eine Fahrleistung von 11.829 Kilometern und solche mit Dieselmotor 22.338 Kilometer.

Dennoch wird bei der CASE-Simulation davon ausgegangen, dass alle in Städten gemeldeten Fahrzeuge nur noch für den urbanen Verkehr genutzt werden. Der Intercity-Verkehr wird durch Bus, Bahn und Flugzeug geregelt und das Feld des Rural-Verkehrs bleibt gänzlich unbesetzt. Diese Herangehensweise hat den Zweck, Lösungsansätze für die massiven Probleme in urbanen Räumen (Verkehrschaos, Parkplatzmangel, Umweltbelastungen usw.) zu bieten. Auf der anderen Seite müssen der Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr als neue und unerschlossene Geschäftsfelder verstanden werden, die Teil einer CO₂-armen Lösung sind.

4.2.7 Flottengröße

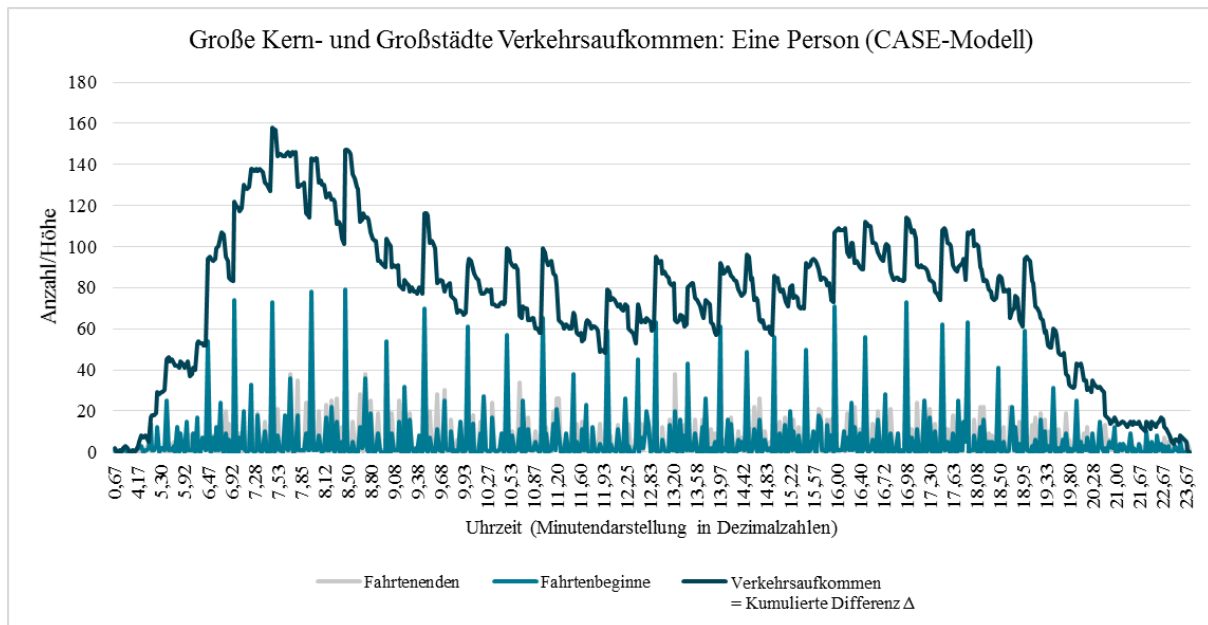
CASE-Flotten sollen auf Grund der geteilten Nutzung mit einer geringeren Anzahl an Fahrzeugen operieren können als gegenwärtige eigentumsbasierte Verkehrssysteme und dadurch den Verkehr und die Umwelt entlasten. Um die genaue Flottengröße zu evaluieren, muss der urbane Verkehr nach Gruppen und Städtetypen unterteilt und analysiert werden. Mit Hilfe des CASE-Modells, welches den urbanen Verkehr nicht mehr eigentumsbasiert, sondern als großes Verleihsystem darstellt, kann dann die neue Flottengröße berechnet werden.

Unter den in Unterabschnittspunkt 3.6.1 getroffenen CASE-Annahmen bestimmt sich die Flottengröße allgemein aus der maximalen Diskrepanz zwischen ausgeliehenen und zurückgegebenen Fahrzeugen bezogen auf den Tagesverlauf. Jedoch muss eine gruppenorientierte Betrachtung stattfinden, um die optimalen Fahrzeuggrößen für die Mobilitätsbedarfe zu ermitteln. In diesem Sinne spricht man eher von *maximalen Diskrepanzen* zwischen ausgeliehenen und zurückgegebenen Fahrzeugen bezogen auf den Tagesverlauf und die jeweiligen Gruppierungen.

Nachfolgend sollen nun diese *Diskrepanzen exemplarisch für das urbane Mobilitätsverhalten der MiD-2008-Befragten, welche in großen Kern- und Großstädten lebten*, vorgestellt werden.

Abbildung 58 zeigt das urbane Verkehrsaufkommen in 2008, welches durch Befragte, die in

großen Kern- und Großstädten lebten und alleine fuhren, entstand.



1.937 beobachtete Personen, 3.706 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens = 158 (Uhrzeit: 7,50)

Abbildung 58: Große Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die zu Grunde liegende Datenauswertung für die Diagramme in Abbildung 58 ist exakt gleich strukturiert wie der beispielhafte Tagesverlauf innerhalb des CASE-Modells mit Personen, die alleine fahren, in Tabelle eins. Die Datenauswertung beinhaltet die Spalten: Uhrzeit, Anzahl der Fahrtenenden, Anzahl der Fahrtenbeginne, Differenz Δ (Fahrtenbeginne - Fahrtenenden), kumulierte Differenz Δ (= Verkehrsaufkommen). Da die Differenz Δ nur einen Zwischenschritt zur Berechnung der kumulierten Differenz Δ darstellt und graphisch keine besondere Aussagekraft bereitstellt, wird hier nur die kumulierte Differenz Δ beziehungsweise das Verkehrsaufkommen graphisch dargestellt.

Darüber sind unter Abbildung 58 auch die Anzahl der beobachteten Personen, die Anzahl der beobachteten Fahrten, der Tageshochpunkt des Verkehrsaufkommens und die Uhrzeit (Uhrzeiten) zu welcher (zu welchen) der Tageshochpunkt (die Tageshochpunkte) des Verkehrsaufkommens erreicht werden angemerkt.

Wenn man das Verkehrsgeschehen in Städten betrachtet, könnte man vermuten, dass die Fahrtenbeginne und Fahrtenenden durch *geschwungene Kurven* repräsentiert werden. Die graphische Darstellung der Fahrtenbeginne und Fahrtenenden ähnelt hier jedoch eher zwei Balkendiagrammen, welche immer wieder *Nullstellen* zwischen den Balken aufweisen.

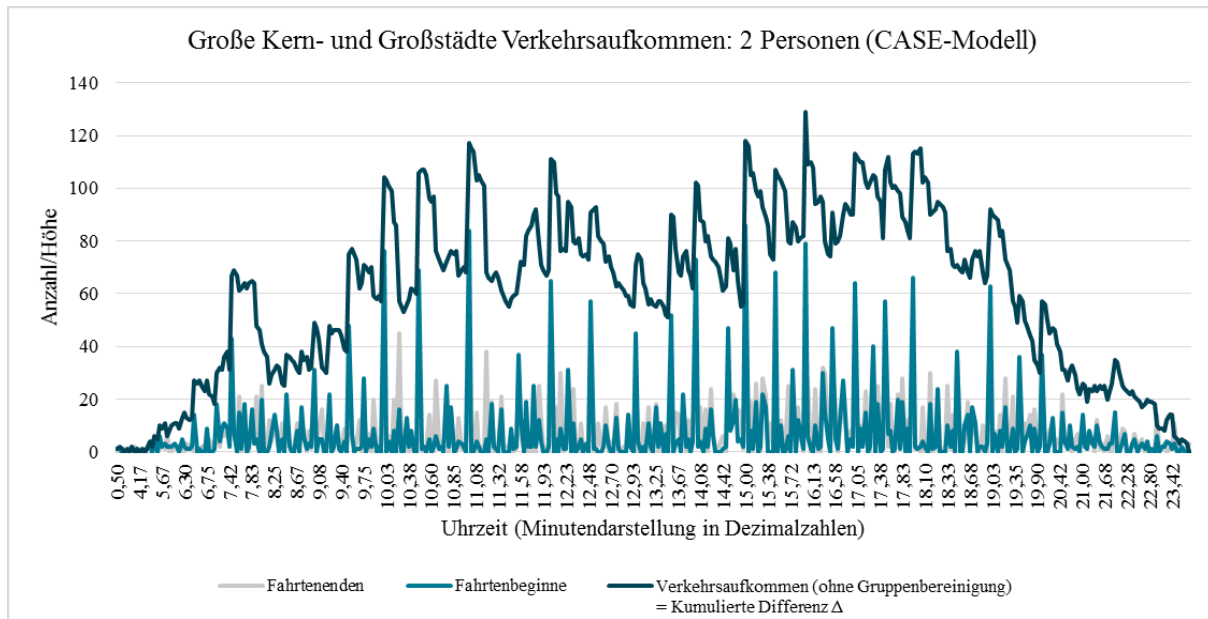
Grund hierfür ist eine Eigenheit bei der Befragung, welche bei der Beantwortung der Interviewfragen zu Tage kam: In den Daten ist zu beobachten, dass bei der Angabe der

Uhrzeiten für Fahrtenbeginne und Fahrtenenden gängige Uhrzeiten wie 14:00 Uhr, 14:05 Uhr, 14:15 Uhr oder 14:30 Uhr häufig angegeben wurden. Ungewöhnliche Uhrzeiten wie 14:03 Uhr, 14:26 Uhr oder 14:44 Uhr hingegen wurden eher selten als Start- oder Endzeitpunkt für eine Fahrt angegeben.

Die 1.937 beobachteten Personen werden der Vollständigkeit halber angegeben. Die Aussagekraft der Personenanzahl nach Gruppierung ist jedoch nur bedingt hilfreich. Da ein und dieselbe Person an einem Tag *mehrere Fahrten in verschiedenen Gruppierungen* vorgenommen haben kann, ist eher die Zahl aller Befragten, auf die das CASE-Kriterium zutraf, nach Städtetyp (siehe Abbildung 49) für weitere Berechnungen entscheidend. Die 3.706 beobachteten Fahrten lassen sich auch in Tabelle fünf wiederfinden.

Interpretation des Mobilitätsverhaltens: Bei den allein fahrenden Befragten aus den großen Kern- und Großstädten lässt sich ein klares Muster erkennen, welches auf den Berufsverkehr hinweist. Bei diesem findet das Verkehrsaufkommen seinen absoluten Hochpunkt um 7:30 Uhr (Uhrzeit mit Minutendarstellung in Dezimalzahlen: 7,50), flacht dann über die Mittagszeit ab, um dann bis zirka 17:00 Uhr noch einmal leicht anzusteigen. Um die Mitternachtszeit herum sinkt das Verkehrsaufkommen gänzlich und konvergiert gegen null. Der absolute Hochpunkt des Verkehrsaufkommens liegt bei einer kumulierten Differenz Δ von 158. Da hier die Gruppierung eins betrachtet wird, könnte man die Mobilitätsnachfrage an diesem Tag ohne Engpass (und ohne Gruppenbereinigung) mit 158 Fahrzeugen aus der CASE-Flotte bedienen. Diese Fahrzeuge müssten jeweils mindestens einen Sitzplatz bereitstellen.

Anders hingegen sieht das urbane Verkehrsaufkommen der Befragten aus, die in *großen Kern- und Großstädten lebten und zu zweit fuhren* (siehe Abbildung 59).



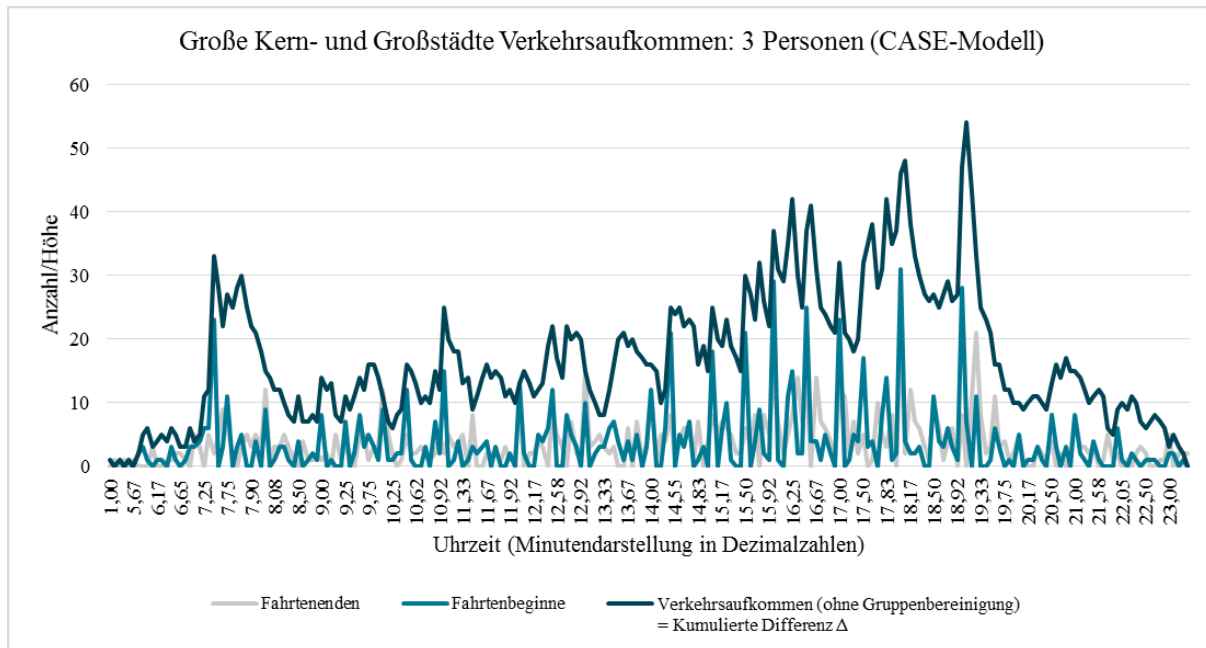
1.875 beobachtete Personen, 3.161 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 129 (Uhrzeit: 16,00)

Abbildung 59: Große Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Interpretation des Mobilitätsverhaltens: Innerhalb des CASE-Modells zeigen die Befragten aus den großen Kern- und Großstädten, welche zu zweit fahren, eine Mobilitätsnachfrage, die sich eher zum Nachmittag hin aufbaut. Um genau 16:00 Uhr erreicht das Verkehrsaufkommen den absoluten Tageshochpunkt bei einer kumulierten Differenz Δ von 129. Wie in Unterabschnittspunkt 3.6.2 beziehungsweise Tabelle zwei bereits erläutert wurde, könnte man die Mobilitätsnachfrage an diesem Tag ohne Engpass *nach der Gruppenbereinigung* (129 dividiert durch zwei) mit (aufgerundet) 65 Fahrzeugen in der CASE-Flotte bedienen. Diese Fahrzeuge müssten jeweils zwei oder mehr Sitzplätze bereitstellen.

Abbildung 60 zeigt nachfolgend das urbane Verkehrsaufkommen der Befragten, welche in großen Kern- und Großstädten lebten und zu dritt fuhren.



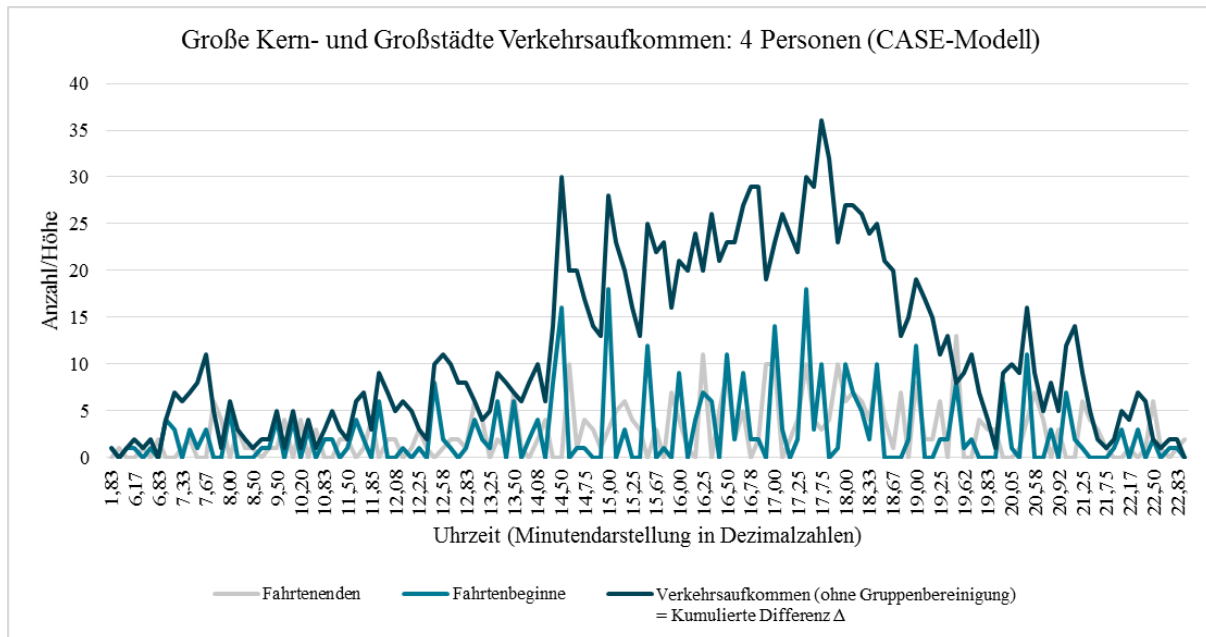
557 beobachtete Personen, 834 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 54 (Uhrzeit: 19,08)

Abbildung 60: Große Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Interpretation des Mobilitätsverhaltens: In den großen Kern- und Großstädten ist beim urbanen Verkehrsaufkommen mit drei Personen im Fahrzeug nach einem kurzzeitigen Anstieg in den Morgenstunden (um zirka 7:30 Uhr) ein stetiger Anstieg bis zum Abend hin zu beobachten. Den absoluten Hochpunkt dieses Verkehrsaufkommens stellt die kumulierte Differenz Δ von 54 um 19:05 Uhr (Uhrzeit mit Minutendarstellung in Dezimalzahlen: 19,08) bei der 24-Stunden-Betrachtung dar. Man könnte die Mobilitätsnachfrage für die Gruppen mit drei Personen im Fahrzeug an diesem Tag ohne Engpass nach der Gruppenbereinigung (54 dividiert durch drei) mit 18 Fahrzeugen in der CASE-Flotte bedienen. Diese Fahrzeuge müssten jeweils drei oder mehr Sitzplätze bereitstellen.

Abbildung 61 stellt graphisch das urbane Verkehrsaufkommen der Befragten, welche in großen Kern- und Großstädten lebten und zu viert fuhren, dar.



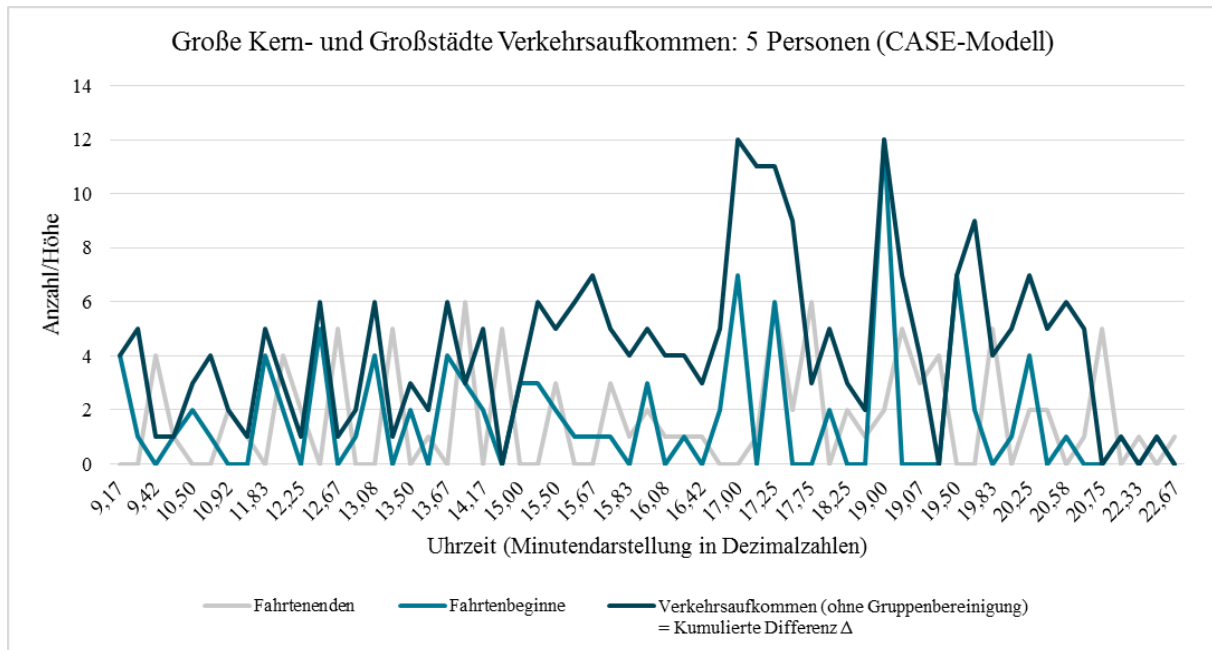
283 beobachtete Personen, 362 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 36 (Uhrzeit: 17,75)

Abbildung 61: Große Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Interpretation des Mobilitätsverhaltens: In den großen Kern- und Großstädten steigert sich das urbane Verkehrsaufkommen, welches durch Gruppierungen mit vier Personen im Fahrzeug verursacht wird, zum Nachmittag hin. Absoluter Tageshochpunkt des urbanen Verkehrsaufkommens ist um 17:45 Uhr mit einer kumulierten Differenz Δ von 36 erreicht. Nach der Gruppenbereinigung genügen neun CASE-Fahrzeuge (36 dividiert durch vier) um die aufkommende Mobilitätsnachfrage im Tagesverlauf zu bedienen. Diese CASE-Fahrzeuge müssen jeweils vier oder mehr Sitzplätze bereitstellen.

Abbildung 62 zeigt graphisch das urbane Verkehrsaufkommen der Befragten, welche in großen Kern- und Großstädten lebten und zu fünf fuhren.



65 beobachtete Personen, 97 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 12 (Uhrzeiten: 17,00; 19,00)

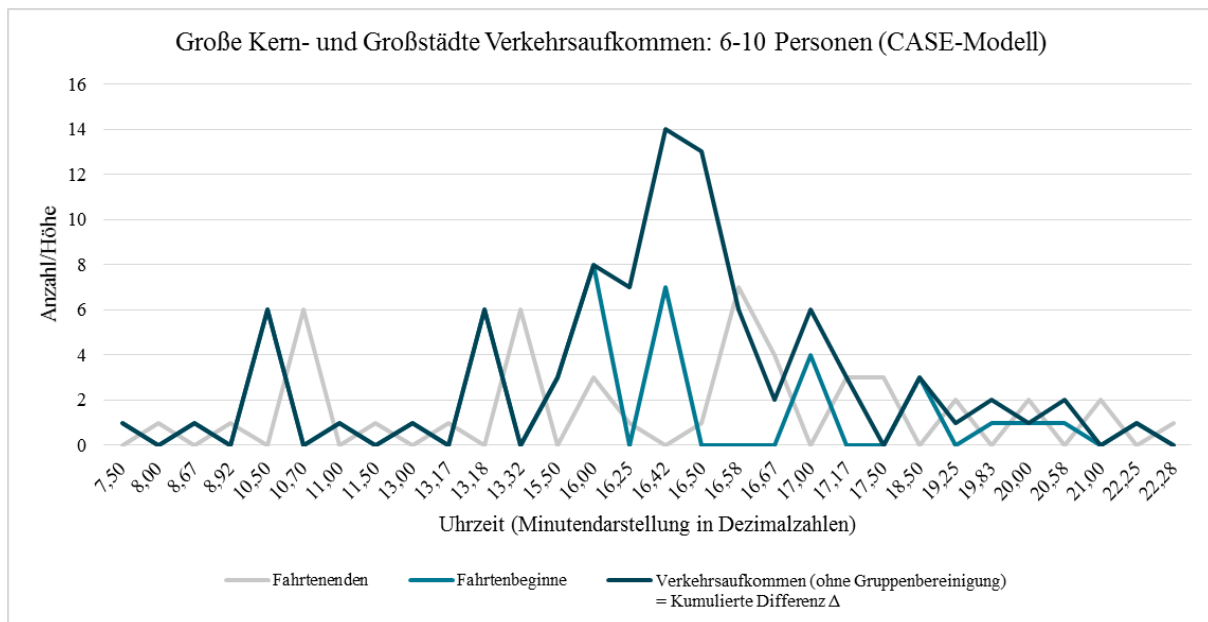
Abbildung 62: Große Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Interpretation des Mobilitätsverhaltens: In den großen Kern- und Großstädten ist nur sehr geringes urbanes Verkehrsaufkommen, verursacht durch Gruppen von fünf Personen im Fahrzeug, zu beobachten. Die absoluten Tageshochpunkte dieses urbanen Verkehrsaufkommens sind um 17:00 Uhr und um 19:00 Uhr mit einer kumulierten Differenz Δ von zwölf erreicht. Nach der Gruppenbereinigung kann diese Mobilitätsnachfrage mit zwei CASE-Fahrzeugen (zwölf dividiert durch fünf) bedient werden.¹³⁷ Diese CASE-Fahrzeuge müssen jeweils fünf oder mehr Sitzplätze bereitstellen.

¹³⁷ Durch die Gruppenbereinigung können mitunter Zahlen mit Nachkommastellen entstehen, welche hier gerundet werden. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass jede Befragung im Gegensatz zu einer Totalerhebung durch eine Unvollständigkeit an Informationen gekennzeichnet ist. Hier können die Gruppierungen also nur approximiert, jedoch nicht exakt bestimmt werden. Daher kann auch der Fahrzeugbedarf nur approximiert werden und Größen mit Nachkommastellen beinhalten.

Abschließend zeigt Abbildung 63 graphisch das urbane Verkehrsaufkommen der Befragten, welche in *großen Kern- und Großstädten lebten und in Gruppen von sechs bis zehn Personen im Fahrzeug fuhren*.¹³⁸



29 beobachtete Personen, 45 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 14 (Uhrzeit: 16,42)

Abbildung 63: Große Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Interpretation des Mobilitätsverhaltens: In den großen Kern- und Großstädten ist das urbane Verkehrsaufkommen, verursacht durch Gruppen von sechs bis zehn Personen im Fahrzeug, verschwindend gering. Der absolute Tageshochpunkt dieses urbanen Verkehrsaufkommens ist um 16:25 Uhr mit einer kumulierten Differenz Δ von 14 erreicht. Nach der Gruppenbereinigung kann diese Mobilitätsnachfrage mit zwei CASE-Fahrzeugen (14 dividiert durch 6,62¹³⁹) bedient werden. Diese CASE-Fahrzeuge müssen jeweils zehn Sitzplätze bereitstellen.

Wiederholt man diesen *Prozess der Fahrzeugbedarfsrechnung* für alle Städtetypen (siehe Anhang 22 bis 45) und separiert die Fahrzeugbedarfe in Zweisitzer-Pkws, Fünfsitzer-Pkws und Zehnsitzer-Pkws, ergibt sich eine neue Flottenzusammensetzung bezogen auf den gesamten Befragungsumfang (siehe Abbildung 64).

¹³⁸ Auf Grund der geringen Stichprobengröße wurden die Gruppen von sechs bis zehn Personen im Fahrzeug bei der Analyse zusammengefasst.

¹³⁹ Durch die Zusammenlegung der Gruppierungen von sechs bis zehn Personen je Fahrzeug findet die Gruppenbereinigung hier auf Basis des durchschnittlichen Besetzungsgrades statt (siehe Anhang 46). Die durchschnittlichen Besetzungsgrade nach Fassungsvermögen und Städtetyp ergeben sich aus Tabelle fünf.

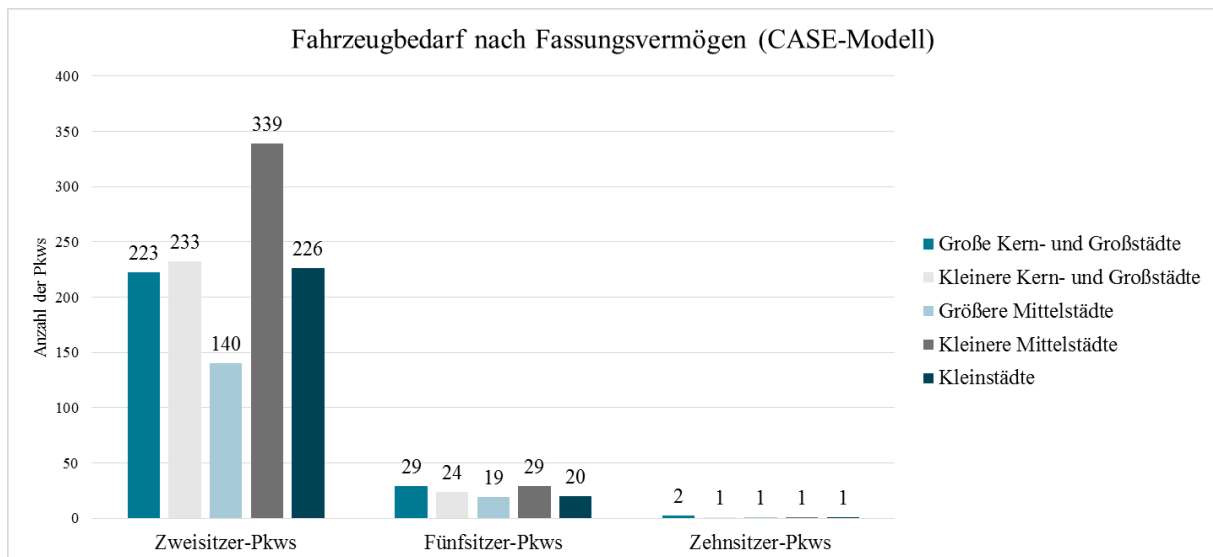


Abbildung 64: Fahrzeugbedarf nach Fassungsvermögen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die zu Grunde liegende Datenauswertung sowie die daraus resultierenden neuen Fahrzeugbedarfsfaktoren je Befragten sind in Anhang 47 und 48 dokumentiert.

4.2.8 Fahrzeuggrößen

Im vorangegangenen Unterabschnittspunkt hat sich in Abbildung 64 bereits abgezeichnet, dass innerhalb des CASE-Modells Zweisitzer-Pkws die CASE-Flotten prägen. Natürlich können je nach Szenario die Mobilitätsbedarfe der Personen, welche alleine oder zu zweit fahren, auch mit Fünfsitzer-Pkws bedient werden. Jedoch handelt es sich bei der hier stattfindenden Analyse um eine Potentialanalyse. In diesem Zusammenhang soll zunächst die Frage beantwortet werden, welches maximale Potential CASE-Flotten bieten, um möglichst *energiesparend* und somit umweltschonend zu operieren.

Es sei vorweggenommen, dass der Umweltaspekt bei einer volkswirtschaftlichen Betrachtung nicht alleiniger Treiber der Analyse sein kann. Für die umfassende volkswirtschaftliche Analyse werden in späteren Abschnitten verschiedene Szenarien durchgespielt und über die Umweltaspekte hinausgehende Faktoren wie Produktion, Arbeitsplätze und das Preisgefüge beleuchtet.

Bei einer *Effizienzbetrachtung*, welche darauf abzielt, die Mobilitätsbedarfe mit möglichst kleinen und umweltschonenden Fahrzeugen zu bedienen, ergeben sich aus Anhang 47 innerhalb des CASE-Modells die in Abbildung 65 dargestellten neuen Fahrzeuggrößen mit zugehörigen Fassungsvermögen.

Fahrzeugbedarf nach Fassungsvermögen prozentual (CASE-Modell)

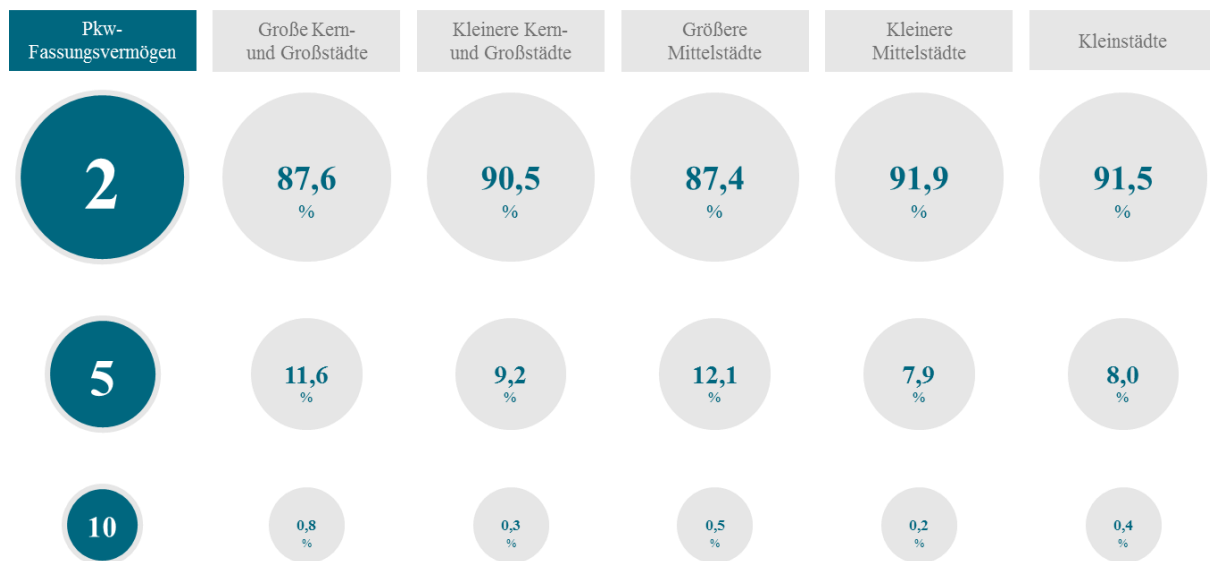


Abbildung 65: Fahrzeugbedarf nach Fassungsvermögen prozentual (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Diese Fahrzeuggrößen stellen bei der Unterscheidung in Zweisitzer-Pkws, Fünfsitzer-Pkws und Zehnsitzer-Pkws die *effizienteste Lösung* bei der Bedienung der Mobilitätsbedarfe mit möglichst kleinen Fahrzeugen dar. Eine noch effizientere Lösung könnte nur realisiert werden, wenn zu den Mobilitätsbedarfen neben den bestehenden Fahrzeuggrößen im Angebot noch *Einsitzer-Pkws*, *Dreisitzer-Pkws* usw. hinzukämen.

Schaut man noch einmal auf Abbildung 52, wird schnell klar, wie hochgradig ineffizient der urbane Verkehr in 2008 geregelt war und es heute immer noch ist.

Auf Basis dieser quantitativen Vergleichsanalyse können nun in Kapitel fünf die aufgestellten Hypothesen ausgewertet und diskutiert werden, um dann konkrete Handlungsempfehlungen für Branchenakteure und die Politik bereitzustellen.

5. Hypothesenauswertung und Handlungsempfehlungen im Kontext der CASE-Simulation

Die quantitative Vergleichsanalyse im vorangegangenen Kapitel hat bereits einigen Aufschluss über das Potential von CASE-Flotten gegeben. Oftmals fand hierbei eine tagesbezogene Betrachtung statt, bei welcher das CASE-Modell zum Treffen von Aussagen genügte.

In diesem Kapitel nun liegt der Fokus der Betrachtung auf der Hypothesenauswertung und der Formulierung von Handlungsempfehlungen. Hierbei wird auf die gesamtwirtschaftlichen Zusammenhänge wesentlich mehr Gewicht gelegt als im vorangegangenen Kapitel. In diesem Zusammenhang steht die *jahresbezogene* Simulation im Mittelpunkt – die CASE-Simulation.

5.1 Hypothese 1: CASE-Flotten bewirken einen geringeren Fahrzeugbestand

Die erste aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit betrifft den Fahrzeugbestand Deutschlands und ist wie folgt beschrieben:

Hypothese eins: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bilden die Mobilitätsbedarfe im deutschen City-Verkehr mit einer geringeren Pkw-Anzahl als das System des eigentumsbasierten Privatautomobils ab.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation kann nun die Hypothesenauswertung und Hypothesendiskussion stattfinden.

5.1.1 Hypothesenauswertung

In Abbildung 64 hat sich bereits angedeutet, dass CASE-Flotten mit nur sehr wenigen Fahrzeugen innerhalb des CASE-Modells beziehungsweise der CASE-Simulation operationsfähig sind.

Die aus dem CASE-Modell entsprungenen neuen *Fahrzeugbedarfsfaktoren* (siehe Anhang 48) können nun zur Prüfung von Hypothese eins auf die Grundgesamtheit der deutschen Bevölkerung nach Städtetyp (siehe Anhang vier) angewendet werden. Daraus resultiert für die Städtetypen Deutschlands in 2008 innerhalb der CASE-Simulation ein *neuer Fahrzeugbestand* (siehe Abbildung 66).

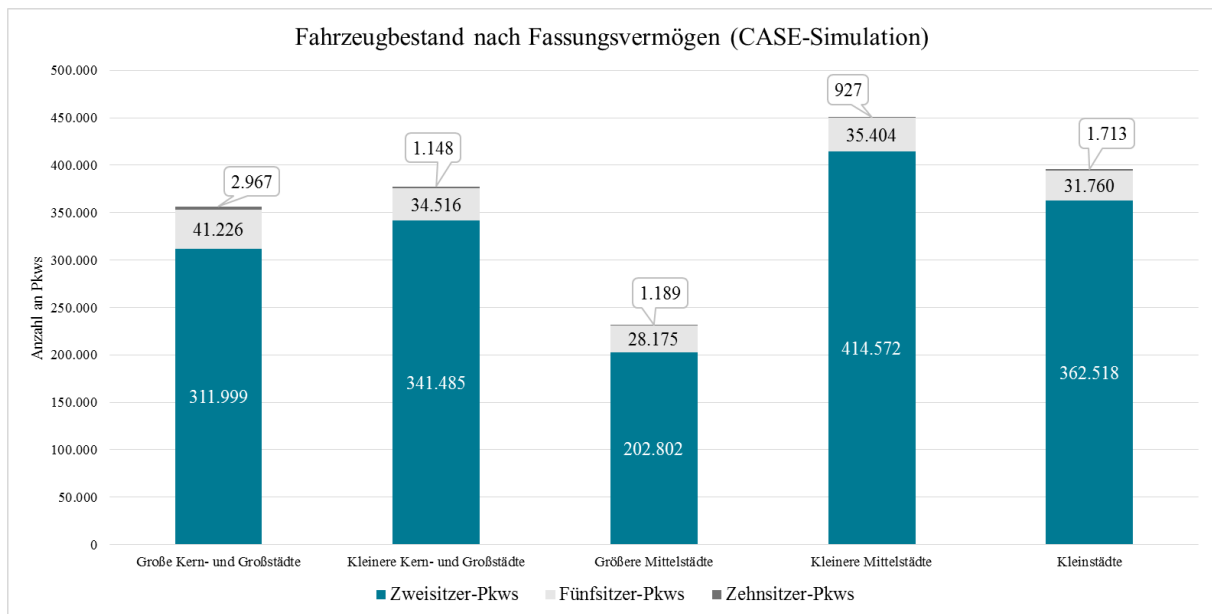


Abbildung 66: Fahrzeugbestand nach Fassungsvermögen (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Die Dokumentation der Datenauswertung befindet sich in Anhang 49. Man sieht hier bereits, dass die CASE-Simulation eine drastische Verkleinerung des Fahrzeugbestandes hervorruft. Zum absoluten Vergleich des Fahrzeugbestandes in Deutschland 2008 mit dem Fahrzeugbestand innerhalb der CASE-Simulation bietet Abbildung 67 einen Überblick.

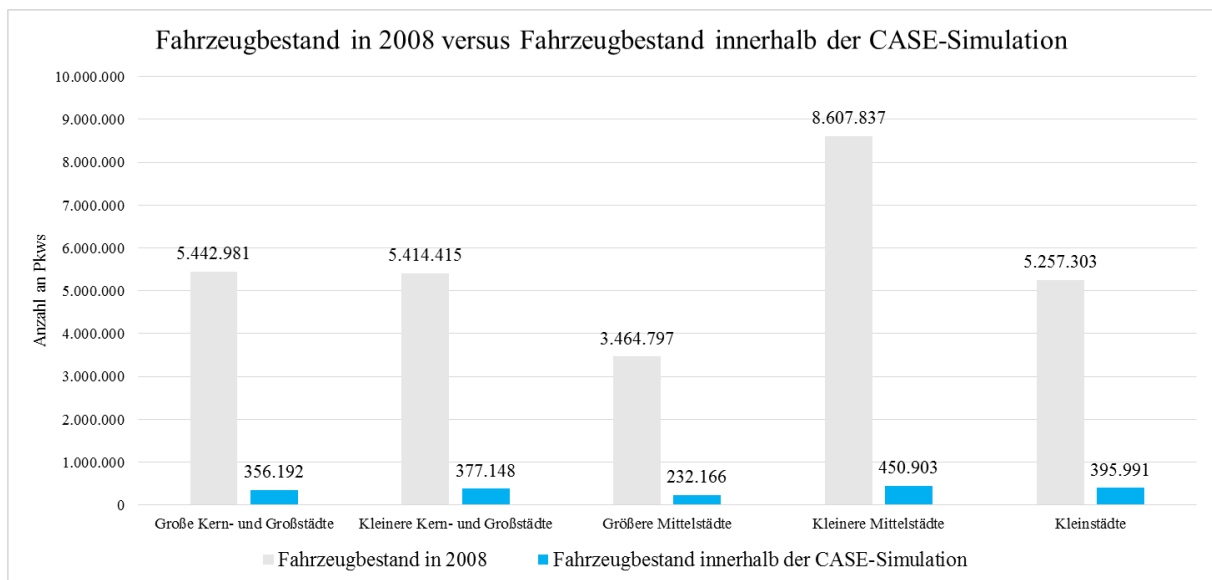


Abbildung 67: Fahrzeugbestand in 2008 versus Fahrzeugbestand in der CASE-Simulation

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Wie zu sehen ist, sind CASE-Flotten in der Lage mit einem *geringen Teil des alten Fahrzeugbestandes* aus dem Jahr 2008 in Städten zu operieren. Es macht Sinn, in diesem Zusammenhang auch einen Blick auf die prozentualen Verhältnisse zu werfen. Konkret wird in Abbildung 68 aufgezeigt, mit welchem prozentualen Anteil am alten Fahrzeugbestand aus

dem Jahr 2008 die CASE-Flotten innerhalb der CASE-Simulation fähig sind zu operieren.

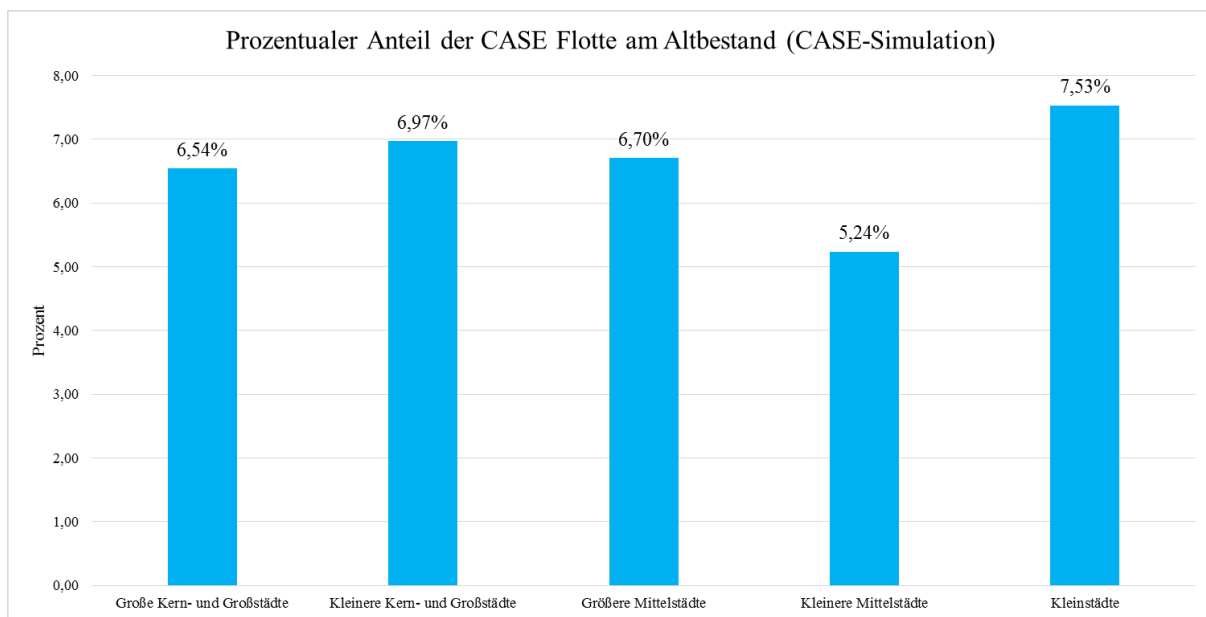


Abbildung 68: Prozentualer Anteil der CASE-Flotte am Altbestand (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Die detaillierte Datenauswertung zu Abbildung 68 befindet sich in Anhang 50.

In allen Städtetypen kann mit jeweils *weniger als acht Prozent des Fahrzeugbestandes* aus dem Jahr 2008 in Deutschland innerhalb der CASE-Simulation das urbane Verkehrsaufkommen bewältigt werden.

Hypothese eins kann in diesem Zusammenhang anhand der Analyse verifiziert werden.

5.1.2 Hypothesendiskussion

Die quantitative Auswertung der ersten Hypothese mit Hilfe der CASE-Simulation stellt eine der grundlegendsten Erkenntnisse dieser Arbeit dar. Das Besondere an den Ergebnissen ist nicht nur der geringe Mindestumfang der CASE-Flotten, welcher benötigt wird, um die urbanen Mobilitätsbedarfe zu bedienen (siehe Abbildung 68): Es sind vor allem die möglichen neuen Zusammensetzungen an Fahrzeuggrößen und Fassungsvermögen (siehe Abbildung 65), welche das urbane Verkehrsbild grundlegend verändern können.

Bei der kombinierten Implementierung der vier Megatrends Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car in urbanen Räumen gewinnt der Zweisitzer-Pkw neu an Bedeutung. Sowohl die Verringerung des Fahrzeugbedarfes insgesamt als auch die zu erwartende Verkleinerung der Fahrzeuggrößen könnten neuen Platz im öffentlichen Raum

deutscher Städte schaffen.¹⁴⁰

Dies erkennt man mit Blick auf Abbildung 67. Wenn beispielsweise die großen Kern- und Großstädte die geparkten Fahrzeuge von 5.442.981 auf 356.192 Fahrzeuge (also 6,54 Prozent des Altbestandes) verringern, werden neue Parkplatzflächen frei. Diesem neu geschaffenen Platz könnten verschiedene Funktionen zukommen. Wenn nötig, können *Fahrbahnen erweitert* werden, um der Staubildung im Straßenverkehr entgegenzuwirken.¹⁴¹ Vor allem aber der *Bau neuer Fahrradwege* könnte in diesem Zusammenhang ein entscheidendes Mittel darstellen, um die CO₂-neutrale Mobilität in deutschen Städten attraktiver für die Bürger zu gestalten.

Mobility-on-Demand beinhaltet schließlich nicht nur das Angebot an Fahrzeugen in Form von CASE-Flotten, sondern kann in vielen Fällen auch die Nutzung von Bikesharing-Angeboten bedeuten. Es ist davon auszugehen, dass potentielle Fahrradfahrer in urbanen Räumen heutzutage durch die *Sicherheitsgefährdung im Verkehr; hochkonzentrierte Abgasbelastungen und eine unzureichende Infrastruktur an Fahrradwegen* andere Fortbewegungsmittel als das Fahrrad bevorzugen. Eben diese potentiellen Fahrradfahrer könnten durch CASE-Flotten und den Bau neuer Fahrradwege aktiviert beziehungsweise reaktiviert werden.

Abgasbelastungen würden durch die elektrifizierte Flotte eliminiert sein. Über die Einbindung der Bewegungen von Fahrradfahrern in das digitale Kartensystem der CASE-Flotten (per Smartphone zum Beispiel) wäre auch der Sicherheitsaspekt gewährleistet. Somit sind CASE-Flotten nicht nur CO₂-neutral an sich – potentiell können sie durch Platzeinsparung und den Ausbau von Fahrradwegen ein Fortbewegungsmittel in der Stadt vorantreiben, welches nicht nur CO₂-neutral ist, sondern auch ohne Strom auskommt: das Fahrrad.¹⁴²

In der Diskussion um Hypothese eins wurden bisher viele Vorteile der CASE-Flotten benannt. Es ist jedoch wichtig, an dieser Stelle auch die *Limitationen der CASE-Simulation* in die Diskussion miteinzubeziehen.

Da wäre zunächst die Annahme, die sich auf die Oligopol-Struktur im Markt bezieht. Sie

¹⁴⁰ Die Verkleinerung der Fahrzeuggrößen ist darauf zurückzuführen, dass preissensible Individuen immer das günstigste und somit kleinstmögliche Fahrzeug wählen. Darüber hinaus dürfte das Bestreben der Politik in der Förderung möglichst kleiner und umweltfreundlicher Fahrzeuge liegen.

¹⁴¹ Es wird ohnehin innerhalb der CASE-Simulation davon ausgegangen, dass CASE-Flotten zu keiner Bildung von Verkehrsstaus führen. Jedoch können zusätzliche Fahrspuren in der Übergangszeit der Transformation ein hilfreiches Mittel sein, um den Verkehr in deutschen Städten zu entlasten.

¹⁴² Hier ist zu beachten, dass der Einsatz von *E-Bikes* in den letzten Jahren erheblich zunahm. Je nach Topographie sind elektrisch betriebene Fahrräder als Ergänzung denkbar.

besagt, dass deutsche Cities immer mit genau einem Anbieter von CASE-Flotten besetzt sind. Es kann deutschlandweit verschiedene Anbieter in verschiedenen Städten geben, aber nie zwei Anbieter, welche die Mobilitätsnachfrage in einer Stadt gemeinsam bedienen und sich diesen spezifischen Markt teilen.

Die Annahme der Oligopol-Struktur im Markt kann durchaus in der Realität eintreten. Wenn Städte heutzutage dazu bereit sind, ganze *Fahrzeuggruppen mit Dieselmotoren zu verbieten*, um die Abgasprobleme zu lösen, warum sollten sie dann künftig nicht auch den Fahrzeugbestand über ein *Konzessionsmodell* regulieren? Dies würde bedeuten, dass Städte die minimale Anzahl an CASE-Fahrzeugen im Verkehr zulassen, indem Konzessionen für ein oder zwei Jahre an nur einen Anbieter von CASE-Flotten vergeben werden. Anbieter von CASE-Flotten könnten sich auf die ausgeschriebenen Konzessionen mit Fahrzeugmodellen und Kilometerpreisen bewerben.

Selbst wenn mehrere im Wettbewerb zueinander stehende Anbieter von CASE-Flotten in einer Stadt operieren, müsste dies nicht zwangsläufig den Fahrzeugbestand im Gegensatz zur Oligopol-Struktur im Markt erhöhen. Nachdem die deutschen Autokonzerne Audi, Daimler und BMW den Kartendienst HERE übernahmen, wurde klar, dass diese Konkurrenten auf Ebene der digitalen Karten und des Datenaustausches kooperieren. Da kein Anbieter von CASE-Flotten gewillt ist, mehr Fahrzeuge als unbedingt nötig in einer Stadt mit mehreren Anbietern zu platzieren, folgt:

Selbst bei mehreren Anbietern von CASE-Flotten in einer Stadt dürfte die Kooperation auf dem Gebiet des Datenaustausches dafür sorgen, dass der Fahrzeugbestand wenn überhaupt nur marginal größer ist, als der bei einer Oligopol-Struktur im Markt. Durch die gemeinsame Sammlung der historischen Bewegungsdaten werden künftige Mobilitätsbedarfe nach wie vor antizipiert. Ein größeres Flottenaufkommen ist hier nicht zwingend notwendig.

Weiterhin ist anzumerken, dass die durchgeführte CASE-Simulation ihre Grenzen dahingehend aufweist, dass sie eine Kombination mit *eigentumsbasierten selbstfahrenden Fahrzeugen* nicht beinhaltet. Die freie Marktwirtschaft zielt darauf ab, alle Angebote an Waren und Dienstleistungen zuzulassen solange sich deren Eigenschaften innerhalb der gesetzlichen Rahmenregelungen befinden.

Angenommen, Städte können ihre Probleme auch ohne Konzessionen lösen; dann wären nicht nur mehrere Anbieter von CASE-Flotten im Markt zulässig, sondern auch eigentumsbasierte autonome Fahrzeuge. Es sprechen jedoch sehr viele Gründe dafür, dass der eigentumsbasierte

selbstfahrende Pkw selbst im Premiumsegment wenig Zukunft hat. Automobilkunden mit einem Premiumanspruch dürften sich innerhalb der Mobility-on-Demand-Konzepte eher über Fahrzeugsegmente im Premiumbereich von anderen Nutzern differenzieren.

Sobald die CASE-Megatrends implementiert sind, bringt ein eigentumsbasiertes selbstfahrendes Fahrzeug auch für den Premiumkunden viele Nachteile mit sich, welche CASE-Flotten nicht aufweisen. Zu nennen ist hierbei der *administrative Aufwand bezüglich Versicherung, Wartung und Reparatur*. Auch müssen Eigentümer von selbstfahrenden Fahrzeugen in jeder Situation für einen *Parkplatz Sorge tragen*.

Zwar sind Premiumkunden in der Regel wenig preissensibel – es darf jedoch nicht vergessen werden, dass Städte die CASE-Flotten steuerlich begünstigen und eigentumsbasierte selbstfahrende Fahrzeuge benachteiligen dürften. Dies und die zu erwartenden wesentlich geringeren Total Cost of Ownership der CASE-Flotten gegenüber eigentumsbasierten selbstfahrenden Fahrzeugen dürften auch einen Teil der Premiumkunden zur Nutzung der CASE-Flotten bewegen.¹⁴³

Unter dem Punkt „Relokation“ befindet sich innerhalb der CASE-Annahmen die Null-Sekunden-Annahme. Sie besagt, dass ein CASE-Fahrzeug nach Beendigung der Fahrt des einen Nutzers sofort allen anderen Nutzern an jedem beliebigen Ort innerhalb der City und ohne Zeitverzögerung zur Verfügung steht. Die Relokationszeit zum nächsten Nutzer beträgt also in der Simulation null Sekunden.

Diese Annahme stellt in Bezug auf Aussagen zum Fahrzeugbestand innerhalb der CASE-Simulation keine Limitation dar. Wie schon beschrieben, realisierte die Bevölkerung urbaner Räume Deutschlands in 2008 bei der Fortbewegung mit dem Pkw in der Stadt durchschnittlich Fahrtengeschwindigkeiten von 35 Kilometern pro Stunde. Bei der realen Anwendung von CASE-Flotten ist davon auszugehen, dass durch den Wegfall von Wartezeiten an Ampeln und Verkehrsstaus die Durchschnittsgeschwindigkeit erhöht werden kann und der berechnete Fahrzeugbestand unverändert bleibt.

Die Null-Sekunden-Annahme stellt also keine Limitation der CASE-Simulation für Aussagen zum Fahrzeugbestand dar, sondern eher hinsichtlich *zusätzlicher Fahrtenstrecken* (Relokationsstrecke und Fahrt zur Lademöglichkeit) und betrifft somit die Total Cost of Ownership.

¹⁴³ Die genaue TCO Entwicklung wird in diesem Kapitel noch besprochen.

Als letzte Limitation der CASE-Simulation im Zusammenhang mit der Prüfung der ersten Hypothese ist die Dreiteilung des Verkehrs in City-Verkehr, Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr zu benennen. Innerhalb der CASE-Simulation ist der Intercity-Verkehr durch Bus, Bahn und Flugzeug geregelt und der Rural-Verkehr bleibt gänzlich unbesetzt. In der Folge können die Ergebnisse der hier vollzogenen Hypothesenprüfung nur als Zwischenschritt verstanden werden.

Dieser Zwischenschritt beinhaltet zunächst die *Lösung der urbanen Probleme* (Verkehrsstaus, Parkraummangel, CO₂-Emissionen usw.) durch eine geminderte Fahrzeuganzahl, die vollautomatisiert und elektrisch operiert. Die verminderte Fahrzeuganzahl ist also eher auf die Städte zu beziehen. Für den Intercity-Verkehr und den Rural-Verkehr ist mit einem neuen Geschäftsfeld für Mobilitätsanbieter und somit auch wieder steigendem Fahrzeugbedarf zu rechnen.

Die Verifizierung der ersten Hypothese hat gezeigt, dass nicht einmal acht Prozent der zugelassenen Fahrzeuge in deutschen Städten benötigt würden, um den Verkehr mit CASE-Flotten abzubilden. Es wurde bereits darüber gesprochen, dass hierdurch mehr Platz im öffentlichen Raum zur Verfügung stehen würde. Um noch einen Schritt weiter zu gehen, soll mit Hilfe der nachfolgenden Hypothesenprüfung diskutiert werden, ob CASE-Flotten und eigentumsbasierte Privatfahrzeuge überhaupt eine *Berechtigung besitzen sollten, im öffentlichen Raum zu parken*.

5.2 Hypothese 2: CASE-Flotten können ohne Straßenparkplätze operieren

Die zweite aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit betrifft den *Parkraum Deutschlands* und ist wie folgt formuliert.

Hypothese zwei: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme benötigen in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern keine Straßenparkplätze (On-Street-Parkplätze), um zu operieren.*

Mit Hilfe von der CASE-Simulation und einer Studie der *European Parking Association (EPA)* kann nun die Hypothesenauswertung und Hypothesendiskussion stattfinden.

5.2.1 Hypothesenauswertung

Im Jahr 2013 veröffentlicht die European Parking Association eine Studie, die auf Basis einer *kontinuierlichen Datenerhebung* die Verteilung der Parkplätze im europäischen Raum modelliert und vorhersagt.¹⁴⁴

Generell werden hierbei *Off-Street-Parkplätze* und *On-Street-Parkplätze* unterschieden.

Zu den Off-Street-Parkplätzen zählen die folgenden Kategorien:

- **Structure:** Mehrstöckige beziehungsweise unterirdische Parkhäuser
- **Surface:** Abgegrenzte Parkplätze unter freiem Himmel, die mit einer Schranke versehen beziehungsweise durch Personal bewacht werden
- **P&R:** Park-and-Ride-Parkplätze, die häufig außerhalb großer Städte als Ort des Umstiegs dienen (zu Bahnhöfen oder Häfen beispielsweise)
- **Sport, Cultural and Leisure Facilities:** Parkplätze mit Zugehörigkeit zu Sportstadien, Museen, Theatern etc.
- **Other Types:** Parkplätze mit Zugehörigkeit zu Krankenhäusern, Flughäfen, Universitäten etc.

¹⁴⁴ Vgl. European Parking Association (2013).

Zu den On-Street-Parkplätzen zählen die Kategorien:

- **Regulated for general public Use:** Frei zugängliche Parkflächen mit einer zeitlichen Limitierung
- **Resident only:** Exklusiver Parkraum für Anwohner
- **Loading and Unloading:** Be- und Entladezone für Transportfahrzeuge
- **Motorbikes:** Exklusiver Parkraum für motorisierte *Zwei- beziehungsweise Dreiräder*
- **Other reserved Spaces:** Exklusiver Parkraum für Behinderte, Polizei, Hotels, Taxis etc.
- **Unregulated On-Street-Spaces:** Frei zugänglicher Parkraum ohne Einschränkungen

Die European Parking Association hat bei der Modellierung und Vorhersage der Parkplatzverteilung in europäischen Mitgliedstaaten *Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern* berücksichtigt.

Wenn man davon ausgeht, dass die Parkplatz-Industrie in den letzten Jahrzehnten kaum nennenswerte Innovationen und Veränderungen hervorgebracht hat, können aus den Ergebnissen der EPA-Studie, welche das Jahr 2012 betreffen, Rückschlüsse für das Jahr 2008 gezogen werden.¹⁴⁵ Eine Schätzung des On- und Off-Street-Parkraums in Deutschland für das Jahr 2008 ist in Tabelle sechs vorzufinden.

	2012	2008 (Schätzwert)*
Einwohner in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern	48.000.000	47.844.555
Anzahl der Parkplätze insgesamt	7.574.008	7.549.480
Anzahl der On-Street-Parkplätze	2.638.385	2.629.841
Anzahl der Off-Street-Parkplätze	4.935.623	4.919.639
Parkplatzfaktor je Einwohner	0,158	0,158
On-Street-Parkplatzfaktor je Einwohner	0,055	0,055
Off-Street-Parkplatzfaktor je Einwohner	0,103	0,103

Der Parkraum bezieht sich auf deutsche Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern.

* Einwohnerzahl entspricht der Realbevölkerung aus 2008. Die Parkplatzschätzung ergibt sich aus den Parkplatzfaktoren aus dem Jahr 2012.

Tabelle 6: On- und Off-Street-Parkplätze in Deutschland

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an European Parking Association (2013) und Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

Die European Parking Association geht davon aus, dass im Jahr 2012 48.000.000 Einwohner in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern lebten. Die EPA-Datenerhebung und -Modellierung hat ergeben, dass im Jahr 2012 das urbane Umfeld dieser Einwohner 7.574.008 Parkplätze aufwies. Diese totale Anzahl an Parkplätzen besteht aus 2.638.385 On-Street-Parkplätzen und 4.935.623 Off-Street-Parkplätzen. Mit Hilfe dieser Modellierung können für

¹⁴⁵ Eine weiterführende Explikation dieser Annahme ist in der Hypothesendiskussion vorzufinden.

das Jahr 2012 *Parkplatzfaktoren (Anzahl an Parkplätzen je Einwohner)* berechnet werden.

Wendet man die Parkplatzfaktoren aus dem Jahr 2012 für eine Schätzung auf die Bevölkerungszahl aus dem Jahr 2008 an¹⁴⁶, ergeben sich hieraus 7.549.480 Parkplätze insgesamt für dieses Jahr. Diese totale Anzahl an Parkplätzen besteht aus 2.629.841 On-Street-Parkplätzen und 4.919.639 Off-Street-Parkplätzen.

Innerhalb der CASE-Simulation besteht für die Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern ein Fahrzeugbedarf von 1.415.817 Fahrzeugen.¹⁴⁷

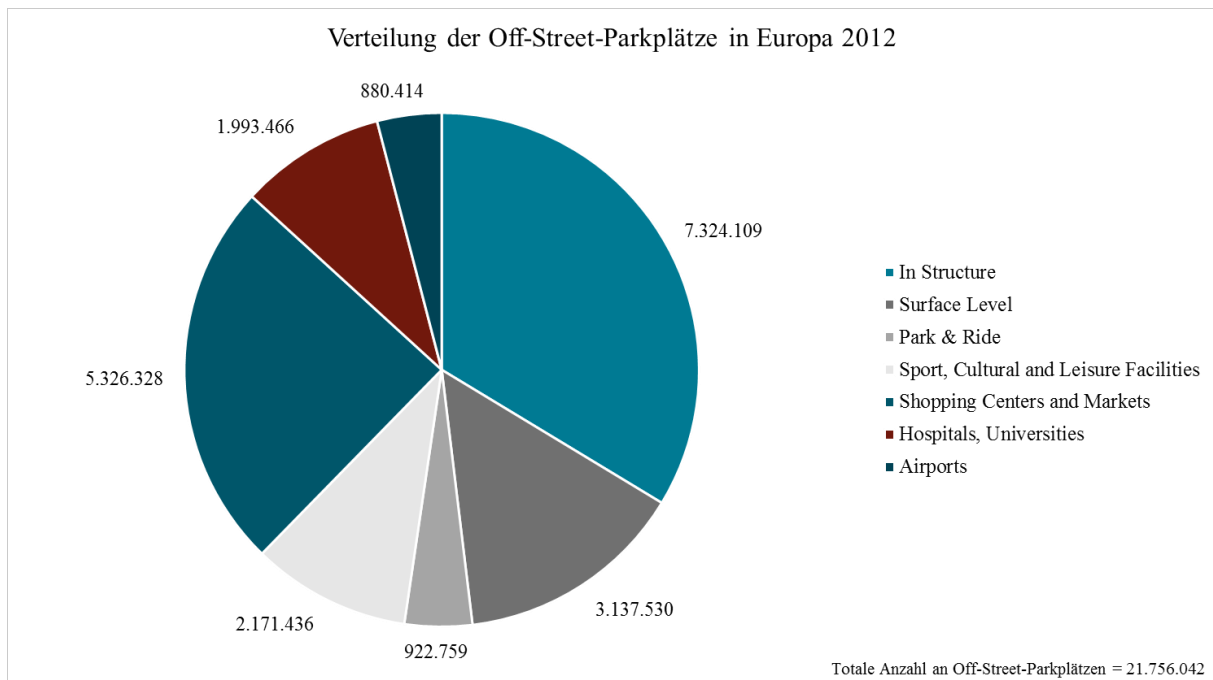
An dieser Stelle kann die zweite Hypothese mit Hilfe der CASE-Simulation bereits verifiziert werden. Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme benötigen in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern keine Straßenparkplätze (On-Street-Parkplätze) um zu operieren. Die 1.415.817 Fahrzeuge der CASE-Flotte finden Platz auf den geschätzten 4.919.639 Off-Street-Parkplätzen.

Um die bevorstehende Hypothesendiskussion zu vertiefen soll auch die Verteilung dieser 4.919.639 Off-Street-Parkplätze auf die einzelnen Parkplatzkategorien geschätzt werden.

¹⁴⁶ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

¹⁴⁷ Der Fahrzeugbedarf ergibt sich aus der Summe der Fahrzeugbedarfe für große Kern- und Großstädte, kleinere Kern- und Großstädte, größere Mittelstädte und kleine Mittelstädte (siehe Anhang 49) abzüglich des Fahrzeugbedarfes für die Stadt Bergneustadt, welche in 2008 genau 20.000 Einwohner zählt. Der Fahrzeugbedarf für Bergneustadt errechnet sich über den Fahrzeugbedarfsfaktor in Anhang 48.

Abbildung 69 zeigt in diesem Zusammenhang die durch die European Parking Association modellierte Verteilung der Off-Street-Parkplätze in europäischen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern für das Jahr 2012.

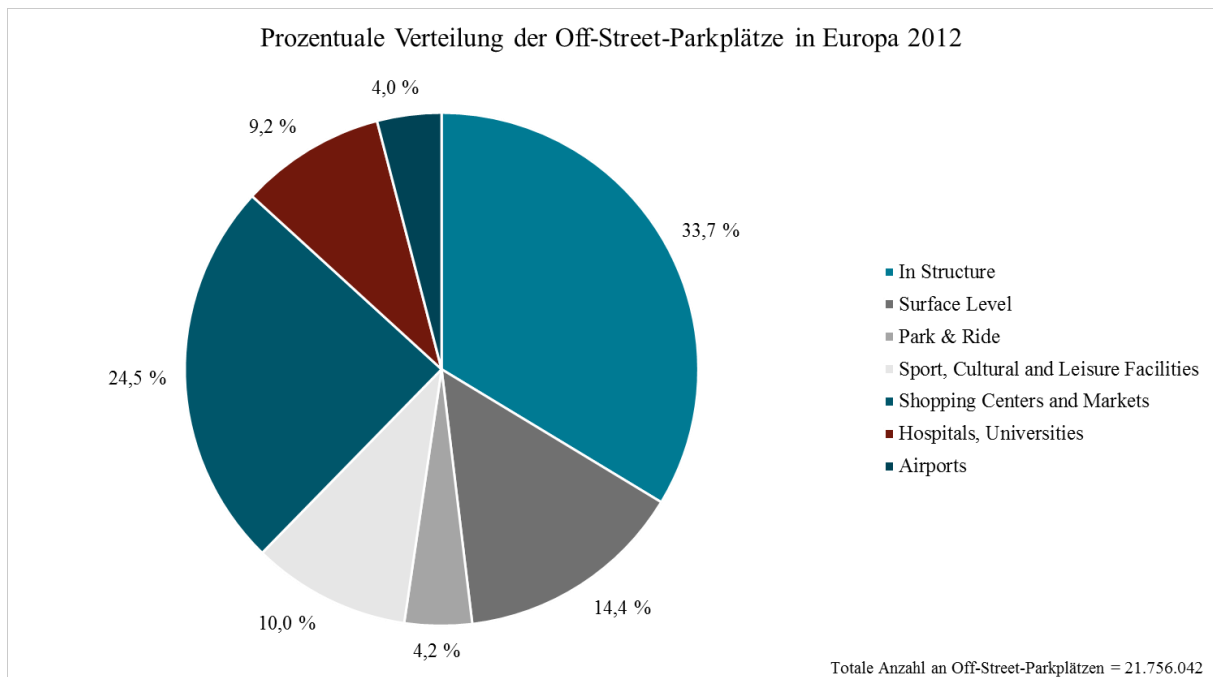


Der Parkraum bezieht sich auf Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern.

Abbildung 69: Verteilung der Off-Street-Parkplätze in Europa 2012

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an European Parking Association (2013).

Die dazugehörige prozentuale Verteilung ist in Abbildung 70 aufgeführt.

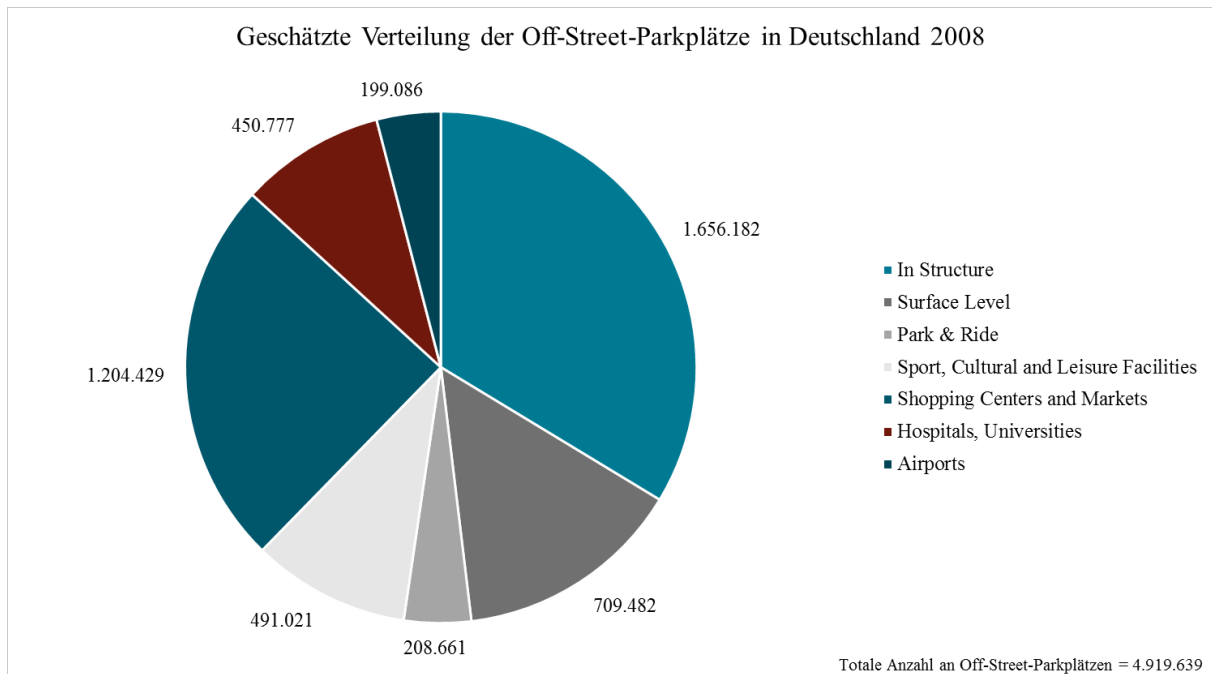


Der Parkraum bezieht sich auf Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern.

Abbildung 70: Prozentuale Verteilung der Off-Street-Parkplätze in Europa 2012

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an European Parking Association (2013).

Auf Grundlage dieser prozentualen Verteilung kann eine Verteilung der Off-Street-Parkplätze in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern für das Jahr 2008 geschätzt werden. Für die in 2008 geschätzten 4.919.639 Off-Street-Parkplätze ergibt sich daraus die in Abbildung 71 geschätzte Verteilung.



Der Parkraum bezieht sich auf deutsche Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern.

Abbildung 71: Geschätzte Verteilung der Off-Street-Parkplätze in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an European Parking Association (2013).

5.2.2 Hypothesendiskussion

Abbildung 71 spielt bei der Hypothesendiskussion eine zentrale Rolle. Innerhalb der CASE-Simulation wird im Jahr 2008 in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern Parkraum für 1.415.817 Fahrzeuge aus der CASE-Flotte benötigt.

Schaut man nun auf die geschätzte Verteilung der Off-Street-Parkplätze in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern in 2008, fällt auf: Allein die Off-Street-Parkplätze der Kategorie „In Structure“ würden für diesen Stellplatzbedarf genügen. Off-Street-Parkplätze der Kategorie „In Structure“ sind *definiert als mehrstöckige beziehungsweise unterirdische Parkhäuser*.

Auch eine Kombination aus den Kategorien „Shopping Centers and Markets“ und „Hospitals, Universities“ würde dem Stellplatzbedarf der CASE-Flotten gerecht werden. Die Kernaussage, welche hieraus resultiert, lautet: CASE-Flotten ermöglichen es Städten, den ruhenden Verkehr (Parkende Fahrzeuge) komplett in die Parkhäuser zu verlagern. Den hierdurch frei werdenden öffentlichen Flächen können alternative Verwendungszwecke

(zusätzliche Fahrbahnen, Fahrradwege) zukommen.

In dem Zusammenhang können On-Street-Parkplätze der Kategorie „Unregulated On-Street-Spaces“ auch gänzlich aus dem Stadtbild verschwinden. Aus ökonomischer Sicht sollte der Zugang zu einer knappen Ressource (Parkraum) vollständig über den Preismechanismus geregelt werden. Kostenfreier Parkraum stand der deutschen Bevölkerung bisher nur zur Verfügung da wesentlich mehr Fahrzeuge als Off-Street-Parkplätze vorhanden waren.

Die Schätzung bezüglich der Parkraumverteilung in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern für das Jahr 2008 auf Basis der EPA-Studie weist nur wenige Limitationen auf. Grund hierfür ist die so eindeutige Hypothesenverifizierung.

Dem geschätzten Stellplatzbedarf von 1.415.817 benötigten Stellplätzen stehen 4.919.639 zur Verfügung stehende Off-Street-Parkplätze gegenüber. Es gibt also *mehr als dreimal so viele zur Verfügung stehende Off-Street-Parkplätze wie benötigte Stellplätze innerhalb der CASE-Simulation*.

Es ist sehr unwahrscheinlich, dass zwischen den Jahren 2008 und 2012 in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern derart viele neue Off-Street-Parkplätze gebaut wurden, dass die Hypothesenverifizierung revidiert werden müsste.

Als weitere Limitation ist die Einschränkung der Betrachtung auf deutsche Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern zu nennen. In der hier stattfindenden Analyse wird auch der Städtetyp „Kleinstädte“ mit 10.000 bis unter 20.000 Einwohnern miteinbezogen. Für diesen Städtetyp konnte keine Parkraumanalyse stattfinden. Es bleibt jedoch anzumerken, dass Städte mit weniger als 20.000 Einwohnern in der Regel auch kein Parkraumproblem aufweisen.

5.3 Hypothese 3: CASE-Flotten erhöhen den Fahrzeugbesetzungsgrad

Die dritte aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit betrifft den Fahrzeugbesetzungsgrad und ist wie folgt formuliert:

Hypothese drei: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme erhöhen im deutschen City-Verkehr durch passgenaue Fahrzeuggrößen den Fahrzeugbesetzungsgrad im Vergleich zu Verkehrssystemen mit eigentumsbasierten Privatfahrzeugen.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation kann nun die Hypothesenauswertung und Hypothesendiskussion stattfinden.

5.3.1 Hypothesenauswertung

Die Auswertung der dritten Hypothese hat implizit bereits stattgefunden. Die in Anhang 46 dokumentierten Besetzungsgrade innerhalb des CASE-Modells bleiben bei der simulierten Jahresbetrachtung (der CASE-Simulation) unverändert. In Abbildung 72 sind die bereits dokumentierten Ergebnisse noch einmal visualisiert – dies dient als Grundlage für die Hypothesendiskussion.

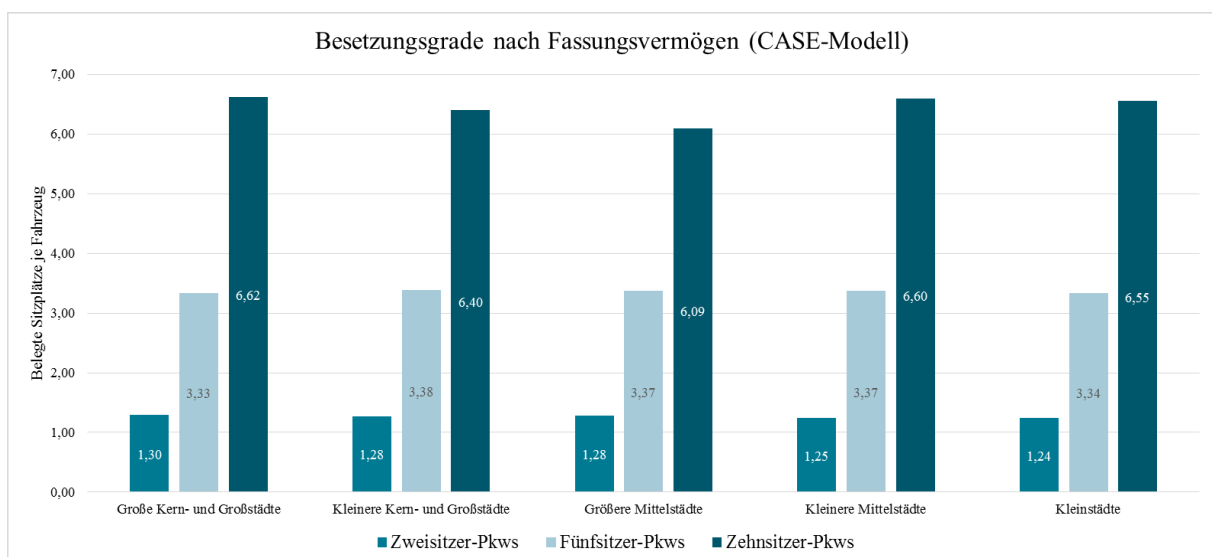


Abbildung 72: Besetzungsgrade nach Fassungsvermögen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Da hier die Potentiale der CASE-Flotten beleuchtet werden sollen, wird der *Besetzungsgrad bei möglichst kleinen Fahrzeuggrößen aufgezeigt*: Die Personengruppen von ein bis zwei Personen, drei bis fünf Personen und sechs bis zehn Personen wurden jeweils zusammengefasst. Den zusammengefassten Personengruppen wurden dann die gängigen

Fahrzeuggrößen mit zwei, fünf und zehn Sitzen zugeordnet.

Vergleicht man die Besetzungsgrade innerhalb der CASE-Simulation mit den ursprünglichen Besetzungsgraden, welche in Deutschland im Jahr 2008 realisiert wurden (siehe Abbildung 42), kommt man zu der Schlussfolgerung, dass die dritte Hypothese falsifiziert werden muss.

Innerhalb des Verkehrssystems mit eigentumsbasierten Privatfahrzeugen realisieren alle Fahrzeuge des Fahrzeugsegmentes Minis beispielsweise im Durchschnitt einen Fahrzeugbesetzungsgrad von 1,34 Personen je Fahrzeugbewegung (siehe Abbildung 42). Dieser Fahrzeugbesetzungsgrad übersteigt jeden realisierbaren Fahrzeugbesetzungsgrad innerhalb der CASE-Simulation mit Zweisitzer-Pkws (siehe erste Spalte in Abbildung 72).

Es ist schon verwunderlich, dass ein Konzept der geteilten Nutzung bei der Kapazitätsauslastung nicht besser abschneidet als ein eigentumsbasiertes Konzept. Warum dies in der hier vollzogenen Betrachtungsweise der Fall ist, soll in der Hypothesendiskussion näher erläutert werden.

5.3.2 Hypothesendiskussion

Bei der Prüfung der dritten Forschungshypothese wurden genau genommen *zwei unterschiedliche Dinge miteinander verglichen*:

Den realisierten *Besetzungsgraden aller Fahrzeugbewegungen* inklusive Reisen etc. in Deutschland aus dem Jahr 2008 (Abbildung 42) wurden die realisierten *Besetzungsgrade im urbanen Verkehr* innerhalb der CASE-Simulation (Abbildung 72) gegenübergestellt.

Dieser Methode wurde gegenüber einem Direktvergleich der Besetzungsgrade urbaner Fahrzeugbewegungen aus folgendem Grund der Vorzug gegeben: Bei der Abwägung über den Einsatz von CASE-Flotten ist es nicht sachdienlich, deren urbanen Besetzungsgrad nur mit dem urbanen Besetzungsgrad konventioneller Fahrzeuge zu vergleichen. Denn faktisch werden Fahrzeuge heutzutage nicht in einem dreigeteilten Verkehrssystem genutzt.

Sie werden im urbanen Verkehr wie auch auf Reisen und zu anderen Anlässen genutzt. Um also ein gegenüber den konventionellen Fahrzeugen wettbewerbsfähiges Produkt (CASE-Flotten) auf den Markt zu bringen, muss dieses besser sein als das konventionelle Fahrzeug (und dessen Besetzungsgrad auf allen Strecken). Es muss nicht besser sein als ein Teilaspekt

des konventionellen Fahrzeuges (und dessen Besetzungsgrad im urbanen Verkehr).¹⁴⁸

Daraus lässt sich schließen: Die Verifizierung der dritten Hypothese wurde nur knapp verfehlt. Die nur minimal geringeren Besetzungsgrade innerhalb der CASE-Simulation im Bereich der Zweisitzer-Pkws gegenüber den Fahrzeugsegmenten Minis und Sportwagen in der Ausgangssituation aus dem Jahr 2008 in Deutschland fallen kaum ins Gewicht.

Abseits der numerisch exakten Hypothesenprüfung lässt sich sagen: Innerhalb der CASE-Simulation realisieren die Zweisitzer-Pkws in etwa die gleichen Fahrzeugbesetzungsgrade wie die beiden Fahrzeugsegmente Minis und Sportwagen (Zweisitzer-Pkws) in der Ausgangssituation in 2008.

Die *Fünfsitzer-Pkws* und *Zehnsitzer-Pkws* hingegen realisieren innerhalb der CASE-Simulation nie dagewesene Besetzungsgrade. Fünfsitzer-Pkws werden durchschnittlich mit mindestens drei Personen und Zehnsitzer-Pkws mit mindestens sechs Personen innerhalb der CASE-Simulation besetzt. Diese Werte können in der Ausgangssituation selbst beim Spitzenreiter der Fahrzeugsegmente (Utilities) mit einem Besetzungsgrad von 1,71 Personen je Fahrzeug nicht annähernd erreicht werden.

Schaut man noch einmal auf Abbildung 41, fällt auf, dass der durchmischte Altbestand an Fahrzeugen, welcher mit völlig ineffizienten Besetzungsgraden genutzt wird (siehe Abbildung 42) durch CASE-Flotten ersetzt werden kann, die hauptsächlich aus Zweisitzer-Pkws bestehen (siehe Abbildung 65) und im Grunde die Personen besser auf die Fahrzeuggrößen verteilen würden (siehe Abbildung 72).

Da die Limitation des Vergleiches von urbanem Verkehr mit allgemeinem Verkehr bereits diskutiert wurde, lässt sich abschließend noch sagen: *Nur CASE-Flotten ermöglichen die gänzliche Kapazitätsauslastung bei der Besetzung von Fahrzeugen.* Sollten sich Autobauer dazu entschließen, auf Grund des Aufkommens von CASE-Flotten auch Einsitzer-Pkws, Dreisitzer-Pkws usw. zu produzieren, könnten CASE-Flotten theoretisch sogar die *volle Kapazitätsauslastung* hinsichtlich der Sitzplätze erreichen. Dagegen scheint es relativ unwahrscheinlich, dass Automobilkunden für jeden Anlass ein eigenes Fahrzeug mit entsprechender Sitzplatzkapazität kaufen.

¹⁴⁸ Wettbewerbsfähigkeit bezieht sich aus volkswirtschaftlicher Sicht in diesem Fall auf den Nachhaltigkeitsaspekt: Je stärker sich der Fahrzeugbesetzungsgrad zur Sitzplatzkapazität verhält, desto ressourcensparender wird das ressourcenintensive Produkt Auto eingesetzt.

5.4 Hypothese 4: CASE-Flotten führen zu geringeren Total Cost of Ownership

Die vierte aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit bezieht sich auf die Total Cost of Ownership der Fahrzeuge und ist wie folgt formuliert:

Hypothese vier: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bilden die Mobilitätsbedarfe im deutschen City-Verkehr zu geringeren Kosten als das System des eigentumsbasierten Privatautomobils ab.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation kann die vierte Hypothese dieser Arbeit ausgewertet und diskutiert werden.

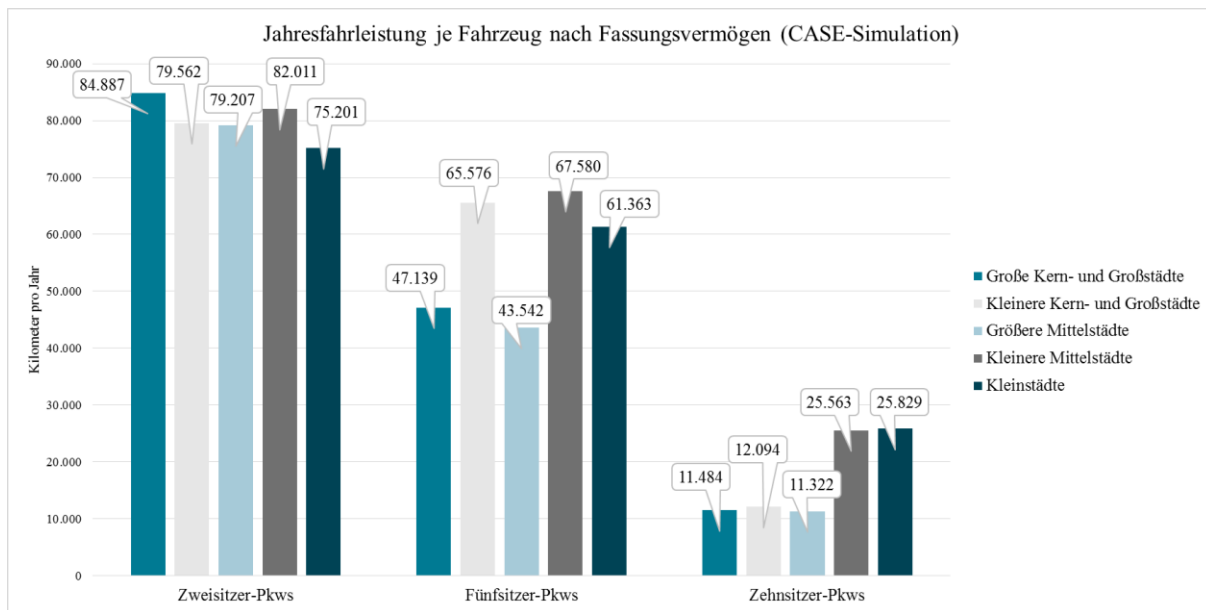
5.4.1 Hypothesenauswertung

Je intensiver Fahrzeuge genutzt werden, desto geringer fallen die realisierten Total Cost of Ownership in Form von Kosten pro Kilometer aus. Dies erkennt man schon mit Blick auf die Abbildungen 45 und 46.

Repräsentative *Minis mit Ottomotor* realisieren bei der TCO-Kalkulation *Kosten von 30 Cent pro Kilometer*, während solche mit *Dieselmotor* bei der TCO-Kalkulation *Kosten von 19 Cent pro Kilometer* realisieren.

Maßgeblicher Grund für dieses Kostenverhältnis sind nicht die differierenden Listenpreise und Kraftstoffverbräuche (siehe Anhänge neun und zehn), sondern die *unterschiedlichen Jahresfahrleistungen*. Durchschnittlich realisieren Fahrzeuge mit Ottomotor eine Jahresfahrleistung von 11.829 Kilometern. Solche mit Dieselmotor legen jährlich im Durchschnitt 22.338 Kilometer zurück. Dieses Kostenverhältnis zwischen Fahrzeugsegmenten mit Ottomotor und solchen mit Dieselmotor lässt sich bei allen *zwölf Fahrzeugsegmenten* beobachten.

Um nun also die TCO-Kalkulation für CASE-Flotten durchzuführen, sind die Jahresfahrleistungen der Fahrzeuge innerhalb dieser entscheidend. Die vorbereitenden Rechnungen im vorherigen Kapitel müssen noch *um einen Rechenschritt ergänzt* werden, um diese Jahresfahrleistungen für die CASE-Flotten abzubilden (siehe Abbildung 73).



Die Jahresfahrleistungen ergeben sich aus den Anhängen 21 und 49.

Abbildung 73: Jahresfahrleistung je Fahrzeug nach Fassungsvermögen (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

Mit den bereits gemachten Analysen ergeben sich aus einer Division der jährlich verursachten Strecken (Anhang 21) durch die Fahrzeugbestände innerhalb der CASE-Simulation (Anhang 49) die Jahresfahrleistungen je Fahrzeug nach Fassungsvermögen und Städtetyp (Abbildung 73).

Hier sieht man bereits, dass die *Zweisitzer-Pkws* innerhalb der *CASE-Simulation* allein im urbanen Verkehr eine Jahresfahrleistung realisieren, welche rund vier Mal so hoch ist wie die gesamte Jahresfahrleistung (inklusive Reisen etc.) von Fahrzeugen mit Dieselmotor in 2008.

Um die TCO-Kalkulation innerhalb der CASE-Simulation zu demonstrieren, werden nachfolgend drei Szenarien vorgestellt: Ein Effizienz-Szenario, ein Normal-Szenario und ein Luxus-Szenario.

Das Effizienz-Szenario simuliert die TCO-Kalkulation mit repräsentativen Minis (Zweisitzer-Pkws), Kompaktklassen (Fünfsitzer-Pkws) und Wohnmobilen (Zehnsitzer-Pkws). Die realisierten Kosten pro Kilometer nach Fahrzeugsegment und Städtetyp sind in Abbildung 74 dargestellt.

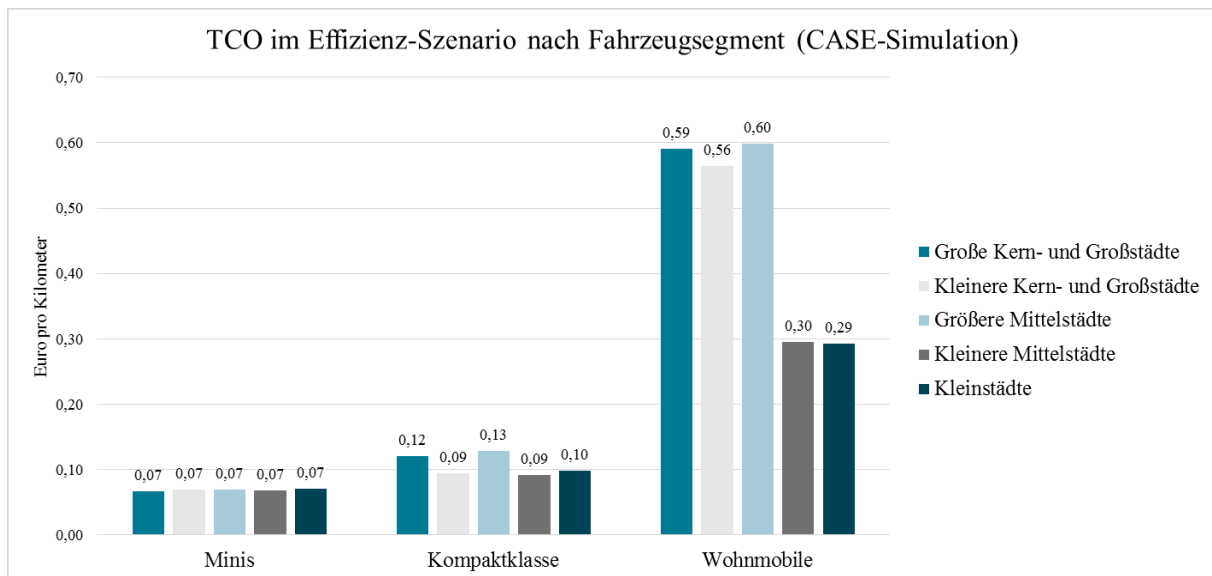


Abbildung 74: TCO im Effizienz-Szenario nach Fahrzeugsegment (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), ADAC (2017a), BDEW (2015), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Die detaillierte Dokumentation der TCO-Kalkulation für das Effizienz-Szenario nach Fahrzeugsegment und Städtetyp befindet sich in Anhang 51.

Das Normal-Szenario simuliert die TCO-Kalkulation mit repräsentativen Minis (Zweisitner-Pkws), Mittelklasse Fahrzeugen (Fünfsitzer-Pkws) und Wohnmobilen (Zehnsitzer-Pkws). Die realisierten Kosten pro Kilometer nach Fahrzeugsegment und Städtetyp sind in Abbildung 75 dargestellt.

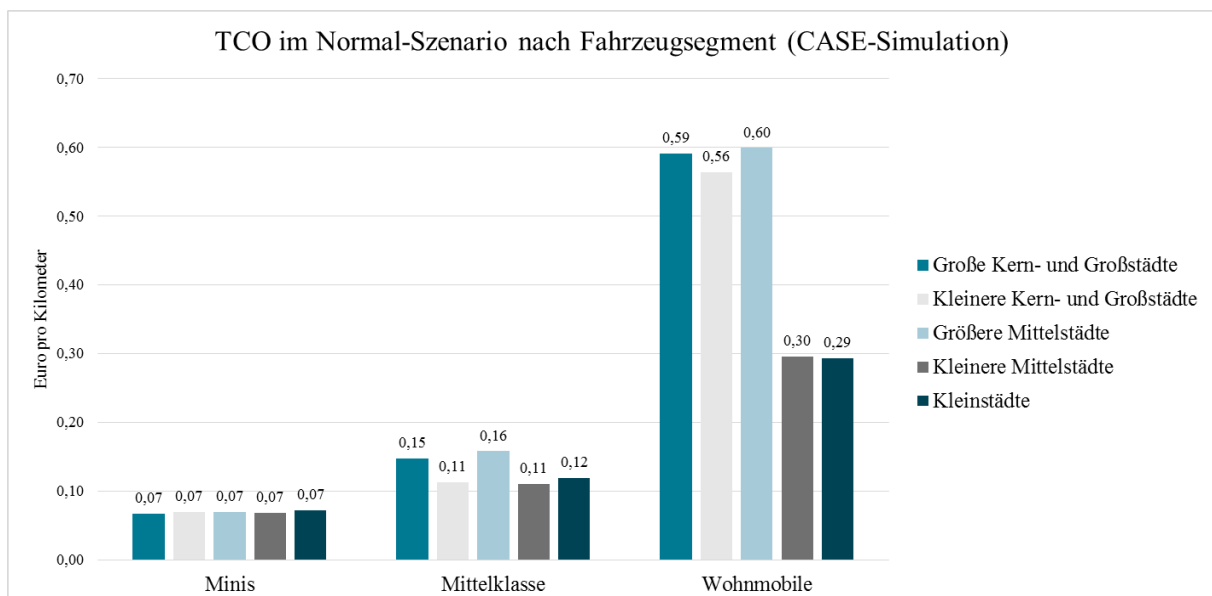


Abbildung 75: TCO im Normal-Szenario nach Fahrzeugsegment (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), ADAC (2017a), BDEW (2015), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Die detaillierte Dokumentation der TCO-Kalkulation für das Normal-Szenario nach

Fahrzeugsegment und Städtetyp befindet sich in Anhang 52.

Das Luxus-Szenario simuliert die TCO-Kalkulation mit repräsentativen Kleinwagen (Fünfsitzer-Pkws statt Zweisitzer-Pkws), Oberklasse Fahrzeugen (Fünfsitzer-Pkws) und Wohnmobilen (Zehnsitzer-Pkws). Die realisierten Kosten pro Kilometer nach Fahrzeugsegment und Städtetyp sind in Abbildung 76 dargestellt.

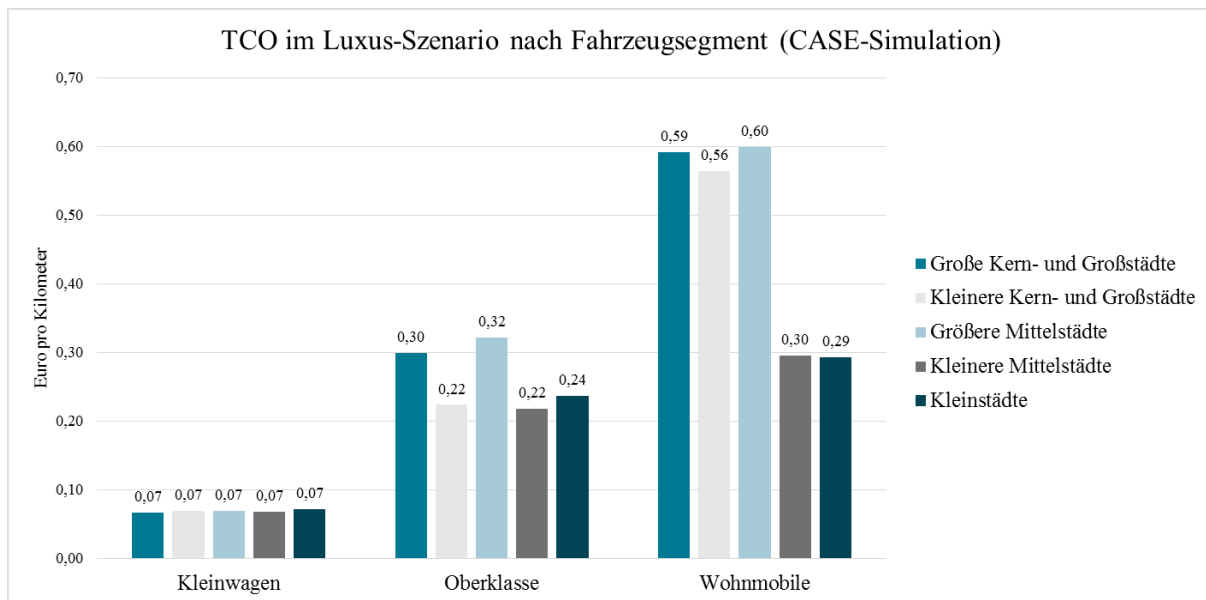


Abbildung 76: TCO im Luxus-Szenario nach Fahrzeugsegment (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), ADAC (2017a), BDEW (2015), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Die detaillierte Dokumentation der TCO-Kalkulation für das Luxus-Szenario nach Fahrzeugsegment und Städtetyp befindet sich in Anhang 53.

Mit Hilfe der CASE-Simulation und der Szenarioanalyse kann die vierte Hypothese verifiziert werden. Im Vergleich zur Ausgangssituation in Deutschland im Jahr 2008 können die Mobilitätsbedarfe innerhalb CASE-Simulation zu *wesentlich geringeren Kosten* abgebildet werden. In allen drei Szenarien können die realisierten Kosten pro Kilometer im Fahrzeugsegment der Wohnmobile zwar nicht mit dem realisierten Preis pro Kilometer für repräsentative Wohnmobile mit Dieselmotor konkurrieren (siehe Abbildung 46). Jedoch muss beim Kostenvergleich auch der durchschnittliche Besetzungsgrad beachtet werden.

Das repräsentative Wohnmobil mit Dieselmotor ist durchschnittlich mit 1,33 Personen pro Fahrzeugbewegung besetzt. Bei einer Aufteilung der Kosten auf die Personen zahlt jede Person im Fahrzeug durchschnittlich *28 Cent pro gefahrenen Kilometer*.

Die Zehnsitzer-Pkws der CASE-Flotten hingegen sind im urbanen Verkehr durchschnittlich mit 6,09 bis 6,62 Personen besetzt (siehe Abbildung 72). Selbst bei der Anwendung des

minimalsten durchschnittlichen Besetzungsgrades von 6,09 Personen im Fahrzeug in größeren Mittelstädten auf die maximalen realisierten TCO mit Wohnmobilen von 60 Cent pro Kilometer zahlt jede Person im Fahrzeug immer noch gerade einmal *zehn Cent pro Kilometer*.

5.4.2 Hypothesendiskussion

Die Auswertung der vierten Hypothese hat ergeben, dass CASE-Flotten die urbanen Mobilitätsbedarfe zu wesentlich geringeren Kosten als das deutsche Verkehrssystem mit eigentumsbasierten Privatfahrzeugen aus dem Jahr 2008 abbilden können.

Hierbei darf nicht vergessen werden, dass CASE-Flotten ihre *Jahresfahrleistung lediglich über den urbanen Verkehr* generieren. Im Jahr 2008 erreichten die Fahrzeuge in urbanen Verkehr in Deutschland gerade einmal Jahresfahrleistungen, die zwischen 4.231 Kilometern und 5.565 Kilometern lagen (siehe Abbildung 57). Erst durch das Konzept des Teilens realisieren Fahrzeuge der CASE-Flotten Jahresfahrleistungen von bis zu 84.887 Kilometern pro Jahr (siehe Abbildung 73).

Damit gelingt es allein im urbanen Raum Jahresfahrleistungen herbeizuführen, die überaus konkurrenzfähig gegenüber den Jahresfahrleistungen von Fahrzeugen mit Ottomotoren (11.829 Kilometer pro Jahr) und solchen mit Dieselmotoren (22.338 Kilometer pro Jahr) sind.

Die noch drastischere Kostensenkung innerhalb der CASE-Flotten ist keinesfalls ausgeschlossen wenn man bedenkt, dass deren Fahrzeuge auf verschiedenen Wegen sogar noch höhere Jahresfahrleistungen und somit geringere Kosten pro Kilometer realisieren können. Dies könnte mit zunehmender Reichweite durch *nächtliche Logistikdienstleistungen oder Personentransporte in andere Städte* passieren.

Die Kostenauswertung hat darüber hinaus gezeigt, dass CASE-Flotten das Potential besitzen, sich selbst über den *Druck der Wähler* in Deutschland einen Platz zu verschaffen. Wenn man von weltweit ähnlichen Kostenstrukturen in diesem Feld ausgeht, stelle man sich nur Folgendes vor: Angenommen Deutschland öffnet sich nicht den CASE-Megatrends und hoch innovative Standorte wie das Silicon Valley¹⁴⁹ hingegen tun es. Dann bleibt es nur eine Frage der Zeit, bis sich die deutschen Autofahrer fragen warum sie bei der *Fahrt in Minis mit Ottomotor* (siehe Abbildung 45) *den gleichen oder sogar einen höheren Preis* bezahlen als Amerikaner aus dem Silicon Valley, die mit *CASE-Fahrzeugen der Oberklasse* fahren (siehe

¹⁴⁹ Im Silicon Valley sind zahlreiche hoch innovative Unternehmen wie Alphabet, Apple oder eBay mit ihrem Hauptsitz.

Abbildung 76).

Wenn die deutschen Politiker es also verpassen die Rahmenbedingungen für CASE-Flotten in Deutschland zu setzen, dürfte früher oder später der Wählerdruck dennoch zur Implementierung von CASE-Flotten führen. Eine Voraussetzung hierfür ist natürlich, dass hinreichend Wähler preissensibel sind und unnötige Mobilitätskosten nicht hinnehmen.

Die größte Limitation bei der Prüfung der vierten Hypothese betrifft die Relokation beziehungsweise die Null-Sekunden-Annahme. Bei der realen Implementierung von CASE-Flotten muss davon ausgegangen werden, dass diese eine *zusätzliche Strecke für den Relokationsprozess und den Weg zur Ladeinfrastruktur* bewältigen müssen.

Trotz der Datenallianz deutscher Autokonzerne (Audi, Daimler und BMW) dürften die Relokationsstrecken mit zunehmender Anzahl an konkurrierenden Anbietern von CASE-Flotten in einer Stadt¹⁵⁰ auf Grund der *geringeren Netzdichte* steigen. Jedoch ist diese Limitation innerhalb der CASE-Simulation absolut hinnehmbar, da die *Ergebnisse so eindeutig* sind.

In allen Szenarien realisieren *Minis und Kleinwagen* mit *sieben Cent pro Kilometer* weniger als die Hälfte der Kosten von repräsentativen *Minis mit Dieselmotor (19 Cent pro Kilometer)* und weniger als ein Viertel der Kosten von repräsentativen *Minis mit Ottomotor (30 Cent pro Kilometer)*.

Hierbei darf nicht vergessen werden, dass zumindest im urbanen Raum in 2008 in Deutschland nur 4,5 Prozent der Fahrten mit Minis getätigt wurden. In der Ausgangssituation in 2008 fand der Großteil der Fahrten im urbanen Raum in Deutschland in Fünfsitzer-Pkws zu noch höheren Kosten als mit Minis statt.

Als weitere Limitation ist zu nennen, dass innerhalb der CASE-Simulation Situationen beleuchtet werden, in denen ausschließlich CASE-Flotten den Verkehr regeln. In der Realität ist mit einer *Mischung aus CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen* zu rechnen.

Auch muss erwähnt werden, dass offenbleibt, ob CASE-Flotten den Intercity-Verkehr und den Rural-Verkehr auch kostengünstiger abbilden können als in der Ausgangssituation in 2008.

¹⁵⁰ Hier ist auch die Limitation der Annahme „Oligopol Struktur im Markt“ inbegriffen.

5.5 Hypothese 5: CASE-Flotten verdrängen das Angebot des ÖPNVs

Die fünfte aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit betrifft den Kostenvergleich zwischen dem ÖPNV und CASE-Flotten. Sie ist wie folgt formuliert:

Hypothese fünf: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bilden die Mobilitätsbedarfe von Besitzern eines ÖPNV-Abonnements in Städten mit 50.000 und mehr Einwohnern zu einem geringeren Preis als der ÖPNV selbst ab.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation und ÖPNV-Abonnementpreisen aus dem Jahr 2016 kann die fünfte Hypothese dieser Arbeit ausgewertet und diskutiert werden.

5.5.1 Hypothesenauswertung

Mit der bisherigen Prüfung und Diskussion der Hypothesen hat sich herausgestellt, dass bei der Implementierung von CASE-Flotten in Städten ein erheblicher Fall der Kosten für individuelle Mobilität ermöglicht wird.

Um die tiefer gehenden Auswirkungen von CASE-Flotten abschätzen zu können, soll nun auch der ÖPNV in die Betrachtung mit einbezogen werden. Genauer formuliert: Die Besitzer eines ÖPNV-Abonnements werden in die Betrachtung miteinbezogen.

Hierzu wurde der Mobilität in Deutschland 2008 Datensatz unter neuen Gesichtspunkten ausgewertet. Betrachtet wurden alle Befragten die im Besitz eines ÖPNV-Abonnements waren. Deren Mobilitätsverhalten mit öffentlichen Verkehrsmitteln wurde bei dieser Betrachtung genauer analysiert.

Für die verschiedenen Städtetypen ergaben sich hinsichtlich der *Länge und Dauer der ÖPNV-Fahrten von Abonnement-Besitzern* die in Abbildung 77 dargestellten Kennzahlen.

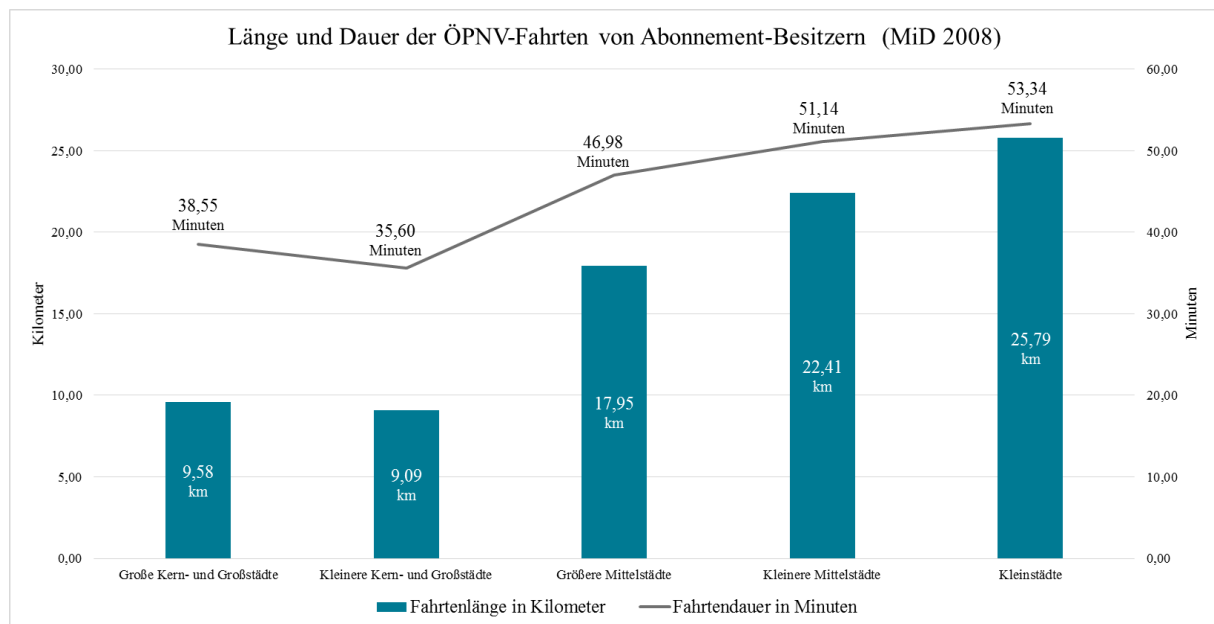


Abbildung 77: Länge und Dauer der ÖPNV-Fahrten von Abonnement-Besitzern (MiD 2008)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Eine detaillierte Dokumentation der Datenauswertung zu Abbildung 77 befindet sich in Anhang 54.

Auffällig ist, dass sowohl die Fahrtenlänge als auch Fahrtendauer mit Ausnahme der kleineren Kern- und Großstädte mit abnehmender Einwohnerzahl ansteigt. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass Besitzer eines ÖPNV-Abonnements in kleineren Städten mit einem schlechter ausgebauten Netz des ÖPNVs konfrontiert sind als in großen Städten.

Im zweiten Schritt wurden für die *drei größten Städtetypen* (große Kern- und Großstädte, kleinere Kern- und Großstädte und größere Mittelstädte) *repräsentative Preise für ÖPNV-Abonnements* ermittelt. Hierzu wurden je Städtetyp die *vier Städte mit den meisten Einwohnern*¹⁵¹ herangezogen und deren *Abonnementpreise gleichgewichtet gemittelt*.¹⁵²

Von einer Analyse der Städtetypen kleinere Mittelstädte und Kleinstädte wurde Abstand genommen, da deren ÖPNV-Abonnements häufig ganze *Städteverbünde* inkludieren. Ein Vergleich der stadtbezogenen CASE-Simulation mit Städteverbünden und deren Mobilität würde keinen Sinn ergeben.

Auf Grund der unvollständigen Informationen über historische ÖPNV-Abonnement-Preise

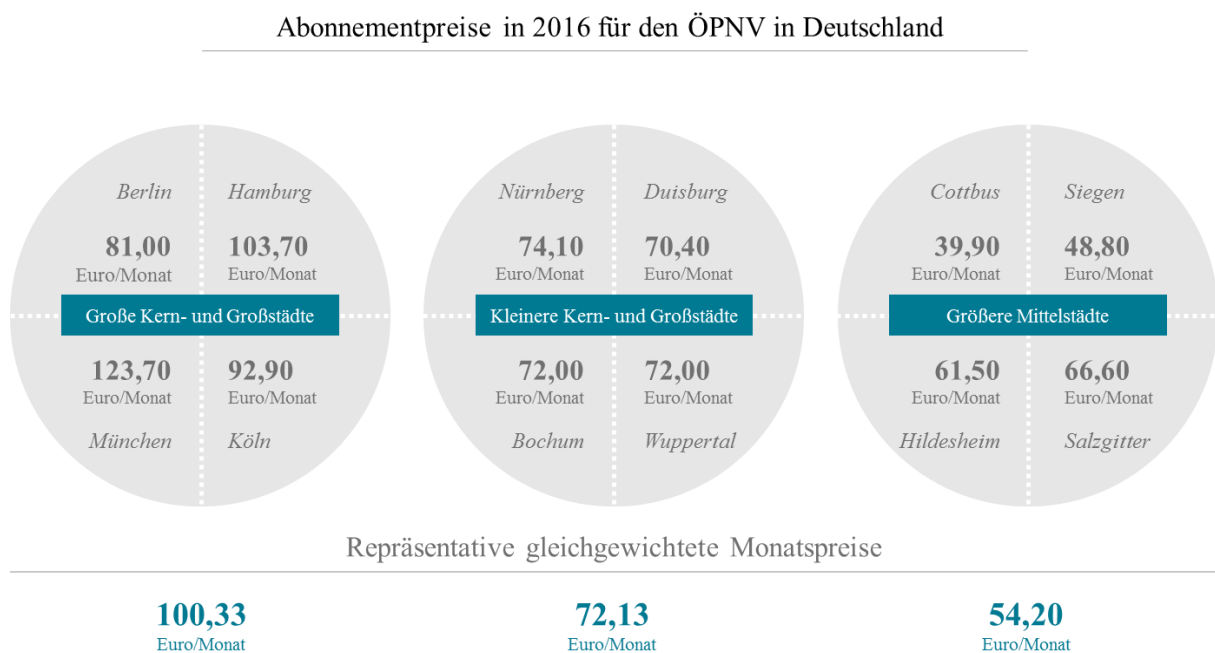
¹⁵¹ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

¹⁵² Stichtag war hierfür der 1. September 2016.

auf den Portalen der ÖPNV-Anbieter konnte nur auf Zahlen aus dem Jahr 2016 zurückgegriffen werden.

Da ein Vergleich mit der CASE-Simulation stattfindet und in dieser die Städtetypen nach der Volkszählung aus dem Jahr 2008 unterteilt sind, wird für die Abgrenzung der vier Städte mit den meisten Einwohnern je Städtetyp auch die Volkszählung aus dem Jahr 2008 herangezogen.

Für die drei größten Städtetypen ergeben sich die in Abbildung 78 aufgeführten repräsentativen Abonnementpreise aus dem Jahr 2016.



Die Abonnementpreise wurden am 1. September 2016 auf den ÖPNV-Anbieterportalen eingesehen.

Abbildung 78: Abonnementpreise in 2016 für den ÖPNV in Deutschland

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008) und ÖPNV-Anbieterportale.

Die detaillierte Dokumentation zu Abbildung 78 inklusive der Einwohnerzahlen befindet sich in Anhang 55.

Mit den Informationen in Anhang 54 und Abbildung 78 kann der Preis von ÖPNV-Abonnements den Kosten von CASE-Flotten gegenübergestellt werden.

Preis des ÖPNV-Abonnements versus CASE-Flotten-Kosten (CASE-Simulation)

ÖPNV-Kennzahlen	Große Kern- und Großstädte	Kleinere Kern- und Großstädte	Größere Mittelstädte
Durchschnittliche Anzahl an Fahrten pro Tag und Person	0,93 Fahrten/Tag/Person	0,80 Fahrten/Tag/Person	0,68 Fahrten/Tag/Person
Durchschnittlich zurückgelegte Strecken pro Monat und Person	271 Kilometer	223 Kilometer	373 Kilometer
Repräsentativer monatlicher ÖPNV-Abonnementpreis	100,33 Euro	72,13 Euro	54,20 Euro
Kosten bei Nutzung der CASE-Flotte in Euro (Effizienz-Szenario)	18,17 Euro	14,91 Euro	24,95 Euro

Abbildung 79: Preis des ÖPNV-Abonnements versus CASE-Flotten-Kosten (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008), Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und ÖPNV-Anbieterportale.

Die Analyse zeigt, dass innerhalb der CASE-Simulation die Mobilitätsbedarfe der Besitzer von ÖPNV-Abonnements mit *CASE-Flotten zu Kosten* abgebildet werden können, welche *weit unter den repräsentativen ÖPNV-Abonnementpreisen* liegen.

Die Schlussfolgerung hieraus ist, dass die fünfte Hypothese verifiziert werden kann, denn es gilt: Die *Differenzen zwischen ÖPNV-Abonnementpreisen und CASE-Flotten-Kosten* bei identischer Streckenbewältigung werden als *hinreichend groß* angesehen um auf Seiten der CASE-Anbieter eine Marge zu erzeugen und dennoch den Preis der ÖPNV-Anbieter zu unterbieten.

5.5.2 Hypothesendiskussion

Die Prüfung der fünften Hypothese erwies sich als umständlich, da die ÖPNV-Anbieter externen Wissenschaftlern verständlicherweise keinen Einblick in ihre Kostenstruktur gewähren.

Es mussten also *Kosten mit Preisen verglichen* werden, was eine eher unübliche Vorgehensweise darstellt. Dennoch hat der Vergleich gezeigt, dass die CASE-Flotten in den drei größten Städtetypen die Mobilitätsbedarfe der Besitzer von ÖPNV-Abonnements zu vergleichsweise niedrigen Kosten abbilden können.

Bei der Analyse wurde bisher großen Wert darauf gelegt, *nur mit Informationen zu arbeiten*,

die vorhanden und valide sind. Notfalls wurde auf Referenzwerte aus anderen Jahren für eine Schätzung zurückgegriffen.

Aus diesem Grund fand zum Beispiel eine *Ausblendung der Technologiekosten für die Automatisierungsstufe vier beziehungsweise der Verwaltungskosten (Verwaltungsangestellte, Büroflächen etc.)* statt.

Eine Schätzung für diese Kosten wird also als zu willkürlich angesehen. Um die Hypothesenverifikation zu untermauern, muss gesagt werden: Die Differenzen zwischen ÖPNV-Abonnementpreisen und CASE-Flotten-Kosten auf identischer Strecke werden als hinreichend groß angesehen, um auf Seiten der CASE-Anbieter eine Marge zu erzeugen, nicht aufgeführte Kosten zu decken (Technologie- und Verwaltungskosten etc.) und dennoch den Preis der ÖPNV-Anbieter zu unterbieten.

Aus der Auswertung der fünften Hypothese lässt sich schlussfolgern, dass *CASE-Flotten das Potential besitzen, den ÖPNV zu verdrängen*. Die einzige Möglichkeit der ÖPNV-Anbieter dieser Verdrängung zu entgehen, ist selbst als Anbieter von CASE-Flotten aufzutreten.

Bereits heute bietet die Daimler AG in Kooperation mit dem amerikanischen Startup *Via Sammel-Taxis auf Abruf* an.¹⁵³ In Europa wird das System für Betreiber des ÖPNVs lizenziert, damit diese ohne zusätzliche Infrastrukturkosten die Mobilität in Städten verbessern und Staus reduzieren können.

Ein ähnliches Konzept wäre beim Eintreten des CASE-Szenarios denkbar. Busse und städtische Bahnen werden in dieser Form wie sie heute existieren jedenfalls in Zukunft weder preislich noch aus Gesichtspunkten der Bequemlichkeit heraus mit CASE-Flotten konkurrieren können. Sie verursachen *Wartezeiten*, sind *zur Rushhour häufig überfüllt* und zu *anderen Tageszeiten mit Leerfahrten belastet*.

Wenn ÖPNV-Anbieter also selbst zu Anbietern von CASE-Flotten werden sollten, stellt sich die Frage, ob der städtische Schienenverkehr dann überhaupt noch Bestand hat. Schließlich müssen für den Schienenverkehr auf Seiten der ÖPNV-Betreiber *Investitionen in die Schieneninfrastruktur* getätigt werden – CASE-Flotten hingegen fahren auf öffentlichen Straßen, die von allen Bürgern mitfinanziert werden. Eventuell findet hierdurch eine Eliminierung des städtischen Schienenverkehrs statt, welcher durch Anbieter von CASE-Flotten und ÖPNV-Betreibern, die auch CASE-Flotten anbieten, ersetzt würde.

¹⁵³ Vgl. Daimler (2017b).

5.6 Hypothese 6: CASE-Flotten bewirken einen Pkw-Produktionsrückgang

Die sechste aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit bezieht sich auf die Pkw-Produktion Deutschlands und ist wie folgt formuliert:

Hypothese sechs: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland zu einem verminderten Pkw-Produktionsvolumen.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation und Angaben des Verbandes der Automobilindustrie zu Pkw-Produktionsvolumina kann die sechste Hypothese dieser Arbeit ausgewertet und diskutiert werden.

5.6.1 Hypothesenauswertung

Johann Jungwirth, Volkswagens Chefstrategie für den Bereich Digitalisierung, sieht die Zukunft der selbstfahrenden Autos optimistisch.¹⁵⁴ Im Experteninterview beteuert er, der zuvor bereits bei Mercedes-Benz wie auch Apple arbeitete, dass auch künftig die Zahl der produzierten Pkws konstant bleibe oder gar ansteige.

Begründet wird diese Aussage folgendermaßen: Durch den besonders intensiven Einsatz von selbstfahrenden Autos (zum Beispiel durch Sharing-Konzepte) erreichen diese ihr Lebensende wesentlich früher als die Fahrzeuge heutzutage. Die *kürzeren Lebenszyklen der Fahrzeuge* führen laut Jungwirth also auf lange Sicht zu einer gesteigerten Pkw-Nachfrage und dadurch bleibt das Pkw-Produktionsvolumen trotz der geteilten Nutzung konstant im Vergleich zu heute oder steigt sogar.

Um diese Aussage Jungwirths beziehungsweise die sechste Hypothese zu prüfen, müssen bei der Betrachtung der Pkw-Produktionsvolumina die *Fahrzeughaltedauern* und die *Gesamtfahrleistungen* miteinbezogen werden.

Die Mobilität in Deutschland 2008 Erhebung hat ergeben, dass unabhängig von der Antriebsart die Jahresfahrleistung eines Fahrzeuges im Jahr 2008 durchschnittlich bei *14.359 Kilometern* lag.¹⁵⁵

Um in diesem Zusammenhang nun die Gesamtfahrleistung zu schätzen, wird auf die

¹⁵⁴ Vgl. HNA (2016).

¹⁵⁵ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008e).

Erhebung eines deutschen Entsorgungsdienstleisters aus dem Jahr 2014 zurückgegriffen.¹⁵⁶ Diese Erhebung ergab, dass Fahrzeuge in Deutschland durchschnittlich nach *18 Jahren verschrottet* werden.¹⁵⁷

Die daraus resultierende *geschätzte Gesamtfahrleistung* für Fahrzeuge in 2008 ist in Abbildung 80 dargestellt.

Fahrzeughaltedauer und Gesamtfahrleistung in Deutschland in 2008



Abbildung 80: Fahrzeughaltedauer und Gesamtfahrleistung in Deutschland in 2008

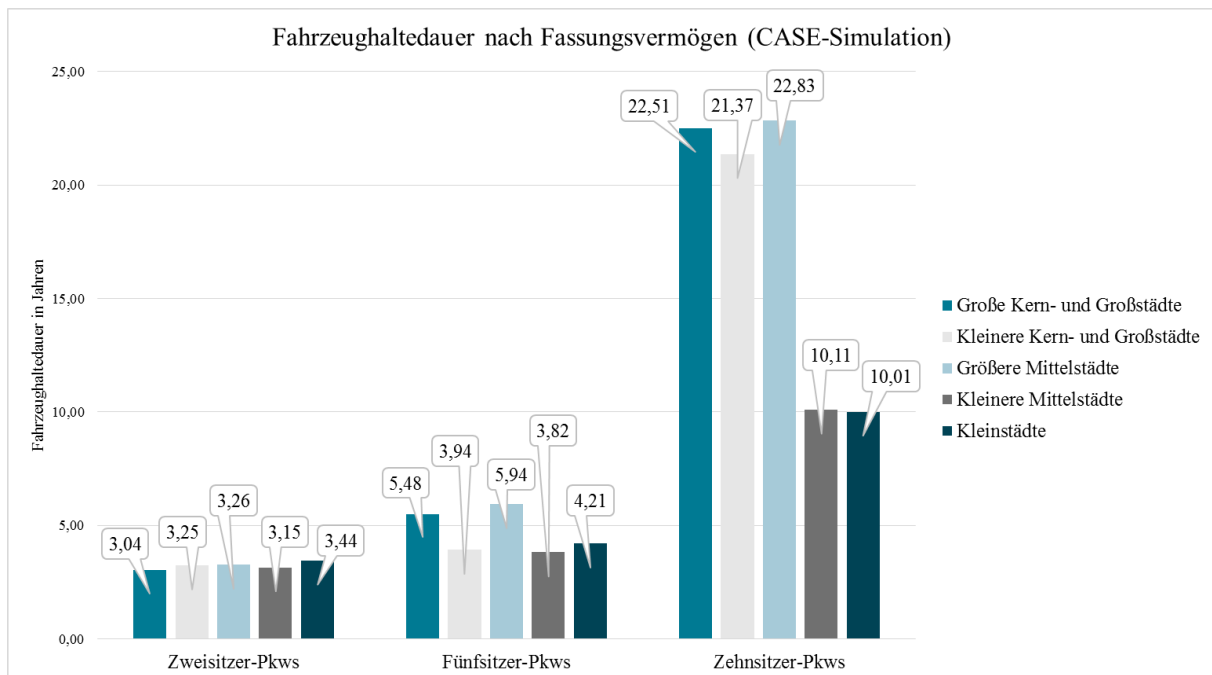
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

Für die nachfolgenden Analysen zum sich verändernden Pkw-Produktionsvolumen in Deutschland wird auf Basis der Jahresfahrleistung und Fahrzeughaltedauer davon ausgegangen, dass ein Auto im Jahr 2008 bis zur Verschrottung eine *Gesamtfahrleistung* von *258.462 Kilometern* erbrachte.

¹⁵⁶ Auf Grund fehlender Daten für das Jahr 2008 werden Daten aus dem Jahr 2014 als Referenzwerte herangezogen.

¹⁵⁷ Vgl. Entsorgung Punkt DE (2014).

Bei einer Gesamtfahrleistung von 258.462 Kilometern bis zur Verschrottung ergeben sich innerhalb der CASE-Simulation je nach Pkw-Fassungsvermögen und Städtetyp *neue Fahrzeughaltedauern* (siehe Abbildung 81).



Die Fahrzeughaltedauer ergibt sich aus Abbildung 73 und der standardisierten Gesamtfahrleistung eines Pkws von 258.462 Kilometern bis zur Verschrottung.

Abbildung 81: Fahrzeughaltedauer nach Fassungsvermögen (CASE-Simulation)

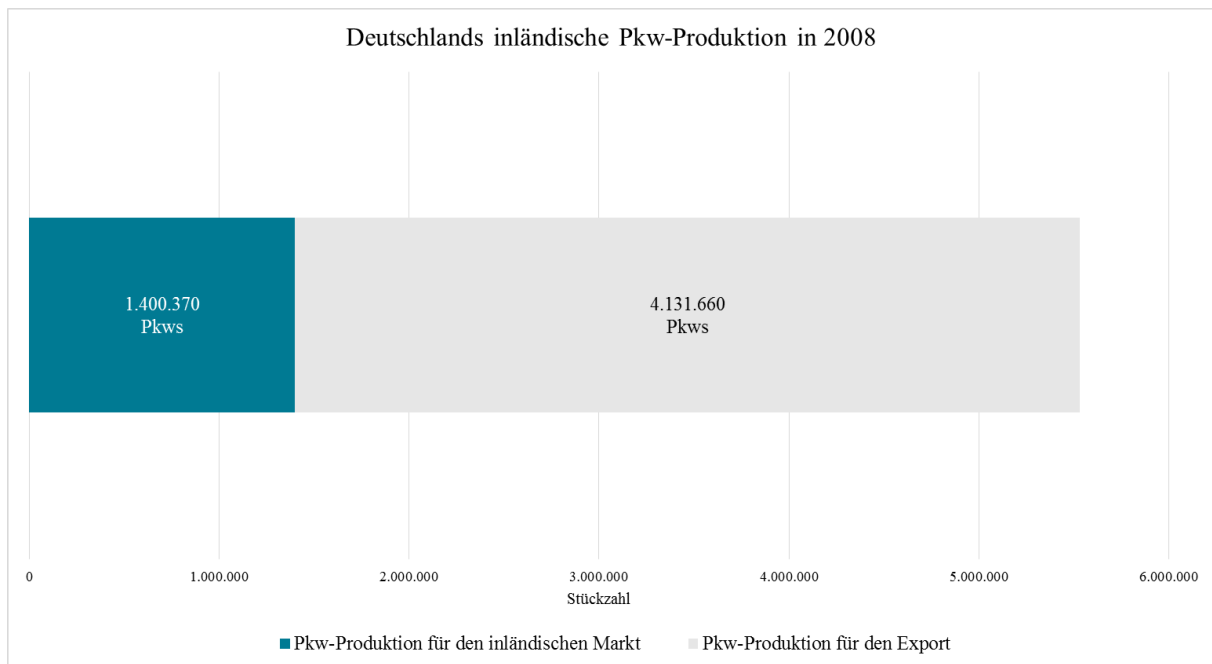
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

Während man im Jahr 2008 von einer einheitlichen Fahrzeughaltedauer ausging, welche bei 18 Jahren lag, realisiert der *Zweisitzer-Pkw in der großen Kern- und Großstadt innerhalb der CASE-Simulation* bei einer Jahresfahrleistung von 84.887 Kilometern (siehe Abbildung 73) eine *Fahrzeughaltedauer von durchschnittlich 3,04 Jahren bis zur Verschrottung*.

Mit diesem Hintergrundwissen zur Fahrzeughaltedauer in 2008 beziehungsweise zu den Fahrzeughaltedauern innerhalb der CASE-Simulation kann das Pkw-Produktionsvolumen Deutschlands unter Einbezug der Nutzungsintensitäten analysiert werden.

Der Verband der Automobilindustrie gibt an, dass im Jahr 2008 in Deutschland 5.532.030 Pkws produziert wurden.¹⁵⁸ Dieses inländische Pkw-Produktionsvolumen teilt sich in *produzierte Pkws für den inländischen Markt* und *Fahrzeuge, die für den Export produziert wurden* (siehe Abbildung 82).

¹⁵⁸ Vgl. VDA (2017a).



Total ergab sich für das Jahr 2008 im Inland ein Pkw-Produktionsvolumen von 5.532.030 Pkws.

Abbildung 82: Deutschlands inländische Pkw-Produktion in 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VDA (2017a) und VDA (2017b).

Es ist zu sehen, dass mehr als zwei Drittel der im Jahr 2008 in Deutschland produzierten Pkws (4.131.660 Pkws) für den Export bestimmt waren. 1.400.370 Pkws wurden im Jahr 2008 in Deutschland für die inländische Nachfrage produziert.

Die hier gemachten Analysen beschränken sich auf die Volkswirtschaft Deutschlands im Jahr 2008. Aus diesem Grund sind alle für den Export produzierten Pkws in der nachfolgenden Betrachtung vorerst irrelevant.

Um Aussagen über veränderte Pkw-Exportvolumina treffen zu können, müssten Simulationen für Nachfrageveränderungen in den importierenden Ländern vorliegen. Worüber hingegen eine Aussage getroffen werden kann, sind die zu erwartenden Pkw-Nachfrageveränderungen im Inland.

Vereinfachend wird angenommen, dass sich das Pkw-Produktionsvolumen aus dem Jahr 2008, welches für den inländischen Markt bestimmt ist, *proportional zum Autobestand* (siehe Anhang sechs) auf die verschiedenen Stadt- und Gemeindetypen verteilt. Darüber hinaus impliziert *jede Pkw-Nachfrageveränderung* (beispielsweise durch die CASE-Simulation) eine *proportionale Anpassung des Pkw-Produktionsvolumens*.

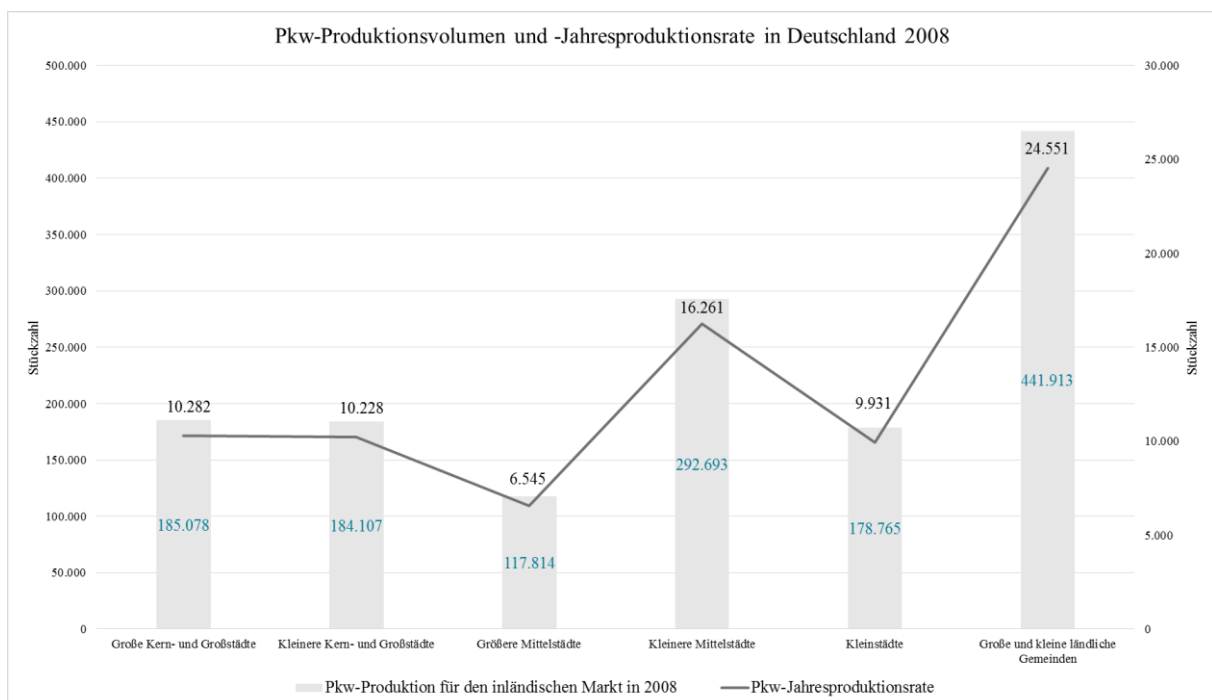
Außerdem wird die Begrifflichkeit der *Pkw-Jahresproduktionsrate* eingeführt. Die Pkw-Jahresproduktionsrate ist mathematisch beschrieben als Pkw-Produktionsvolumen dividiert durch die Fahrzeughaltedauer.

Die Pkw-Jahresproduktionsrate simuliert die durchschnittliche Pkw-Jahresproduktion von *antizipativen Pkw-Produzenten* auf einem *ewigen Zeithorizont*. Dabei wird nur das Pkw-Produktionsvolumen eines bestimmten Jahres betrachtet und dieses wird immer dann erneuert, wenn die produzierten Pkws verschrottet wurden.

Zum Startzeitpunkt dieser Simulation wird das *Pkw-Produktionsvolumen einmalig extern zugeführt*. Von diesem Zeitpunkt an kalkulieren die antizipativen Pkw-Produzenten ihre Pkw-Produktion *zukunftsgerichtet* und *produzieren Jahr um Jahr die gleichbleibende Anzahl an Pkws*, um der wiederkehrenden Nachfrage gerecht zu werden.

Der Vergleich von Pkw-Jahresproduktionsraten erlaubt es, im Gegensatz zum Vergleich von reinen Pkw-Produktionsvolumina *Fahrzeughaltedauern miteinzubeziehen*.

Die Pkw-Produktion für den inländischen Markt nach Stadt- und Gemeindetyp mit den dazugehörigen Pkw-Jahresproduktionsraten ist in Abbildung 83 dargestellt.



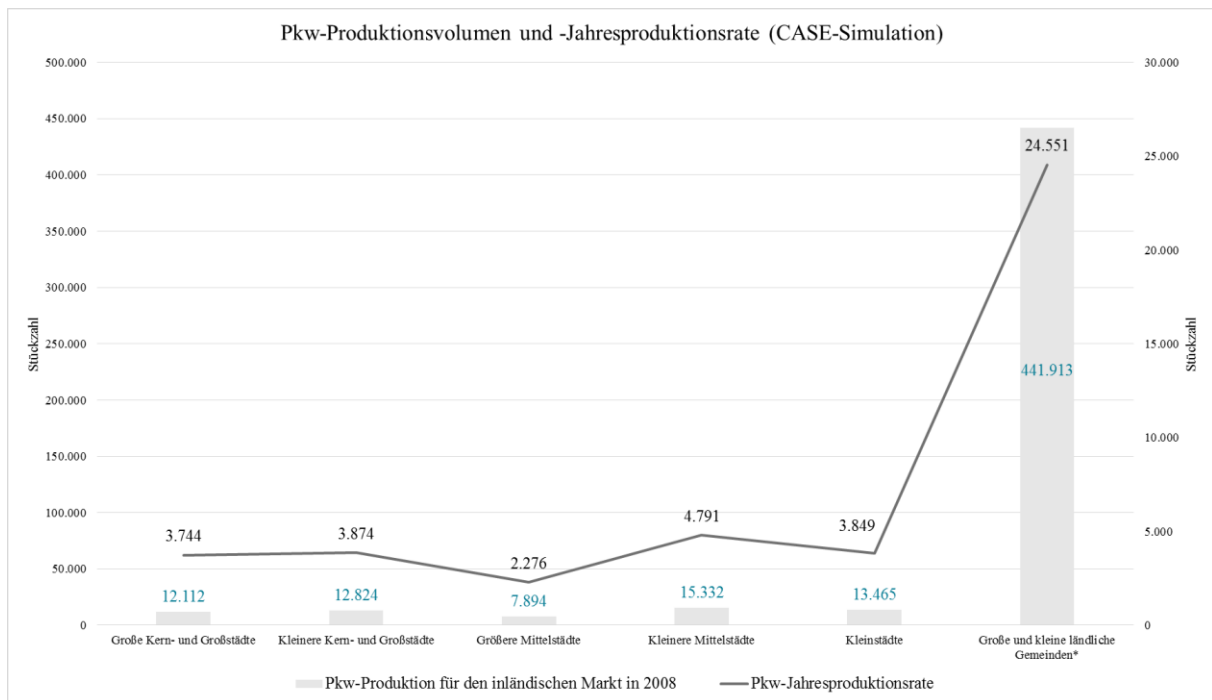
Die Pkw-Produktion für den inländischen Markt in 2008 wurde proportional zum Autobestand in 2008 (siehe Anhang sechs) auf die Stadt- und Gemeindetypen verteilt. Zur Berechnung der Pkw-Jahresproduktionsraten wurde die Fahrzeughaltedauer von 18 Jahren verwendet.

Abbildung 83: Pkw-Produktionsvolumen und -Jahresproduktionsrate in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse ist in Anhang 56 dokumentiert.

Diesen Pkw-Produktionsvolumina und Pkw-Jahresproduktionsraten können die Pkw-Produktionsvolumina und Pkw-Jahresproduktionsraten innerhalb der CASE-Simulation gegenübergestellt werden (siehe Abbildung 84).



* Große und kleine ländliche Gemeinden beinhalten die Ursprungswerte aus dem Jahr 2008.

Die Pkw-Produktion für den inländischen Markt in 2008 wurde proportional zum Autobestand in 2008 (siehe Anhang sechs) innerhalb der CASE-Simulation auf die Stadt- und Gemeindetypen verteilt. Zur Berechnung der Pkw-Jahresproduktionsraten wurden die Fahrzeughaltedauern in Abbildung 81 verwendet.

Abbildung 84: Pkw-Produktionsvolumen und -Jahresproduktionsrate (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

Die veränderten Pkw-Produktionsvolumina und Pkw-Jahresproduktionsraten nach Fassungsvermögen innerhalb der CASE-Simulation sind in den Anhängen 57 und 58 dokumentiert.

Da für die großen und kleinen ländlichen Gemeinden keine CASE-Simulation durchgeführt wurde, bleiben die Werte bei der Betrachtung im Vergleich zu 2008 unverändert. Die Pkw-Jahresproduktionsraten ergeben sich bei der CASE-Simulation nicht mehr wie in der Ausgangssituation standardisiert durch den Teilungsfaktor von 18 Jahren.

Die Dominanz der Zweisitzer-Pkws innerhalb den CASE-Flotten (siehe auch Anhang 49 und 57) und deren geringe Fahrzeughaltedauern von durchweg weniger als vier Jahren (siehe Abbildung 81) führt zu Pkw-Jahresproduktionsraten, die verglichen mit der Ausgangssituation überproportional hoch im Verhältnis zu den Pkw-Produktionsvolumina stehen.

Vergleicht man die inländische deutsche Pkw-Produktion für den inländischen Markt in 2008 mit der inländischen deutschen Pkw-Produktion für den inländischen Markt innerhalb der CASE-Simulation unter diesen Gesichtspunkten, ergeben sich die in Abbildung 85 aufgezeigten Verhältnisse.

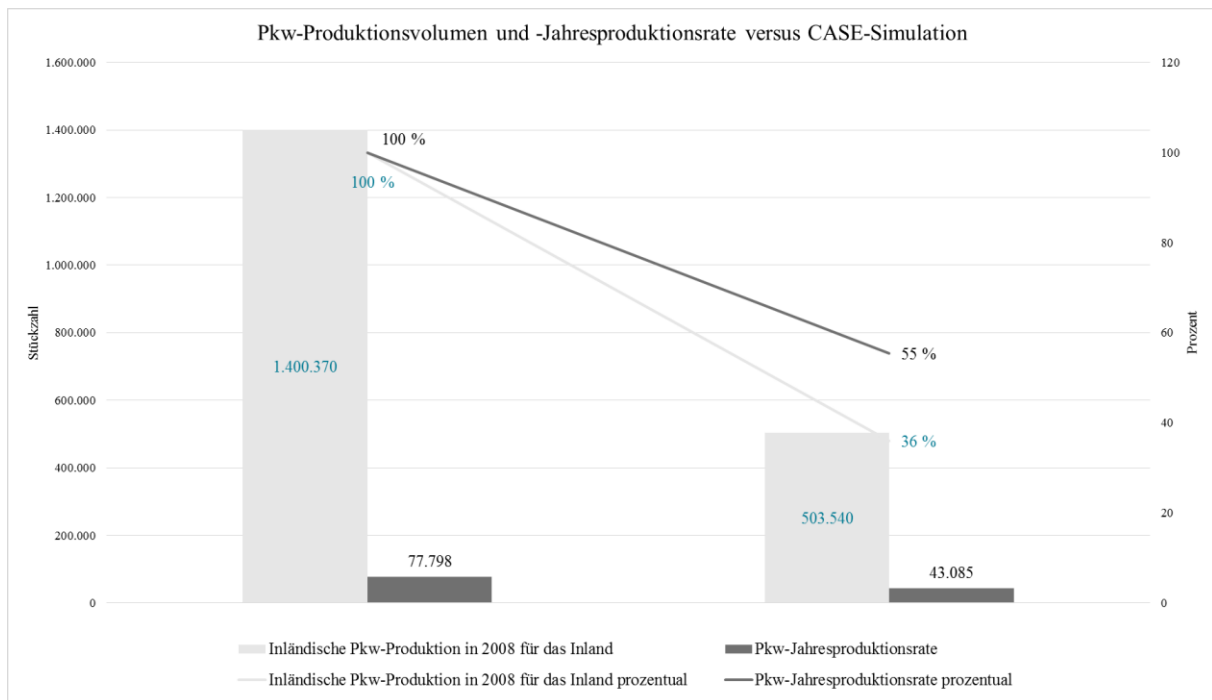


Abbildung 85: Pkw-Produktionsvolumen und -Jahresproduktionsrate versus CASE-Simulation

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

Innerhalb der CASE-Simulation schrumpft das deutsche inländische Pkw-Produktionsvolumen, welches für den inländischen Markt bestimmt ist, im Vergleich zur Ausgangssituation in 2008 von 1.400.370 Pkws auf 503.540 Pkws (36 Prozent).

Die Pkw-Jahresproduktionsrate hingegen, bei welcher die Fahrzeughaltedauern berücksichtigt sind, schrumpft innerhalb der CASE-Simulation im Vergleich zur Ausgangssituation in 2008 von 77.798 Pkws auf 43.085 Pkws (55 Prozent).

Unter *Einbezug der höheren Nutzungsintensitäten geteilter CASE-Flotten* wird also ein Teil des Produktionseinbruches kompensiert.

Wie man es auch betrachtet – die sechste Hypothese kann mit Hilfe der CASE-Simulation verifiziert werden. Innerhalb der CASE-Simulation führen die CASE-Flotten zu einem verminderten Pkw-Produktionsvolumen.

5.6.2 Hypothesendiskussion

Abbildung 85 spielt bei der Diskussion von Hypothese sechs eine zentrale Rolle. Die Hypothesenauswertung hat exemplarisch gezeigt, dass innerhalb der CASE-Simulation Deutschlands Pkw-Produktionsvolumen, das für das Inland bestimmt ist, in 2008 auf 36 Prozent (mit Berücksichtigung von Fahrzeughaltedauern auf 55 Prozent) schrumpft.

Mit diesem Produktionseinbruch wäre zu rechnen, obwohl in den großen und kleinen ländlichen Gemeinden die Ursprungssituation aus dem Jahr 2008 simuliert wurde. Mit weiteren massiven Produktionseinbrüchen wäre zu rechnen, wenn auch das für den Export bestimmte Pkw-Produktionsvolumen Deutschlands im Jahr 2008 mit einbezogen werden würde (siehe Abbildung 82). In einer globalisierten Welt, in der vor allem zwischen Industrienationen ein Waren- und Technologieaustausch stattfindet, lässt sich davon ausgehen, dass auch in den Pkw-Exportmärkten ähnliche Entwicklungen wie die in der CASE-Simulation passieren.

Diesem zu erwartenden Produktionseinbruch stehen *neue Geschäftsfelder* gegenüber, die außerhalb der CASE-Simulation denkbar sind. Da sich die CASE-Simulation auf den City-Verkehr beschränkt und den Intercity-Verkehr mit Bus, Bahn und Flugzeug simuliert beziehungsweise den Rural-Verkehr gänzlich abstrahiert, ist genau hier Potential für ein gesteigertes Pkw-Produktionsvolumen vorhanden.

Vor allem der *Intercity-Verkehr* bot in 2008 allein in Deutschland *1.557 verschiedene Städte* die mit CASE-Flotten verbunden werden könnten.¹⁵⁹ Analog zum Mobilitätsnetz der Deutschen Bahn könnten CASE-Flotten hier ein *Angebot auf Strecken zwischen Städten schaffen*.

Am Start- und Endpunkt einer jeden Strecke müssten jeweils genügend CASE-Fahrzeuge bereitstehen, um die *maximale Mobilitätsnachfrage zu jeder gegebenen Uhrzeit* bedienen zu können. Da die Cities untereinander mitunter mehrfach verbunden sind und jede Verbindung jeweils Fahrzeuge am Start- und Endpunkt bereitstellt, könnte dies zu einer *erheblichen Pkw Nachfrage* führen, welche den Pkw-Produktionseinbruch in der CASE-Simulation *kompensiert oder sogar überkompensiert*.

Besonders vorteilhaft wäre in diesem Zusammenhang, dass die CASE-Flotten, welche den Intercity-Verkehr regeln, ohne Probleme *außerhalb der Städte parken* könnten. Hinzu kommt, dass der Rural-Verkehr als neues Geschäftsfeld für Anbieter von CASE-Flotten gesehen werden kann.

Johann Jungwirths Aussage (siehe Einleitung dieses Unterabschnittspunktes) kann also weder bestätigt noch widerlegt werden. Wenn man davon ausgeht, dass neue Geschäftsfelder in den Bereichen des Intercity-Verkehrs und Rural-Verkehrs den durch den City-Verkehr induzierten Produktionseinbruch kompensieren oder sogar überkompensieren, ist die Aussage zutreffend.

¹⁵⁹ Vgl. Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

Findet jedoch diesbezüglich keine Kompensation beziehungsweise Überkompensation statt, ist insgesamt mit einem Fall des Produktionsvolumens zu rechnen.

An dieser Stelle muss auch über die Limitationen der CASE-Simulation gesprochen werden.

Die CASE-Simulation stellt den City-Verkehr auf Basis einer vorhandenen Datengrundlage aus dem Jahr 2008 dar. Um den potentiellen Intercity-Verkehr zu beleuchten, würden Daten der Deutschen Bahn benötigt, welche die Bewegungen von Personengruppen in einem Mobilitätsnetz beinhalten. Diese Daten sind jedoch für außenstehende Forscher nur schwer zugänglich. Somit bleibt es wohl der Deutschen Bahn selbst vorbehalten, anhand der gesammelten Daten zu evaluieren, zu welchem Preis CASE-Flotten gängige Bahnstrecken abbilden können und wie viele CASE-Fahrzeuge hierfür benötigt würden.

Eine weitere Limitation bei der Auswertung der sechsten Hypothese stellt die direkte Übertragung des veränderten simulierten Fahrzeugbestandes auf das Pkw-Produktionsvolumen in 2008 dar. Natürlich passen sich Pkw-Produktionsvolumina sukzessive über Jahre hinweg der Pkw-Nachfrage an. Jedoch gibt die simulierte Veränderung im Pkw-Produktionsvolumen, welches für den inländischen Markt bestimmt ist, einen guten Überblick dazu mit welchen Pkw-Produktionseinbußen Autohersteller in Zukunft rechnen können.

Auch die Pkw-Jahresproduktionsrate ist durch das sich unendlich wiederholende Pkw-Produktionsvolumen aus dem Jahr 2008 unrealistisch. Pkw-Produktionsvolumina ändern sich in der Regel jährlich und sind durch viele Faktoren beeinflusst. Die vereinfachte Betrachtungsweise erlaubt es jedoch zu verdeutlichen, dass der Einbezug von Fahrzeughaltedauern mittel- bis langfristig einen großen Einfluss auf das Pkw-Produktionsvolumen hat.

Schlussendlich kann auch gesagt werden, dass je nach Wirtschaftspolitik eine Mischung zwischen CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen wahrscheinlich ist. Hierdurch würde der Pkw-Produktionsrückgang in Deutschland gehemmt werden.

5.7 Hypothese 7: CASE-Flotten bewirken einen Arbeitsplatzrückgang

Die siebte aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit bezieht sich auf die Arbeitsplätze Deutschlands und ist wie folgt formuliert:

Hypothese sieben: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland zu einem Rückgang von Arbeitsplätzen, die direkt von der Automobilindustrie abhängen.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation und Angaben des Statistischen Bundesamtes zu Beschäftigungszahlen kann die siebte Hypothese dieser Arbeit ausgewertet und diskutiert werden.

5.7.1 Hypothesenauswertung

Das Statistische Bundesamt zählt für das Jahr 2008 in Deutschland 749.098 Arbeitsplätze, die direkt der Automobilindustrie zuzuordnen sind.¹⁶⁰ Für das gleiche Jahr wurden in Deutschland nach dem Inländerkonzept 40.805.000 Erwerbstätige gezählt.¹⁶¹ Wenn man annimmt, dass sich ein Pkw-Produktionsrückgang proportional auf die Arbeitsplätze, welche direkt der Automobilindustrie zuzuordnen sind, auswirkt, ergeben sich innerhalb der CASE-Simulation die in Abbildung 86 dargestellten Entwicklungen am Arbeitsmarkt.



* Schätzung des Pkw-Produktionsrückgangs auf Basis der veränderten prozentualen Pkw-Jahresproduktionsrate.

Abbildung 86: Produktions- und Arbeitsplatzentwicklung (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e), Entsorgung Punkt DE (2014) und Statistisches Bundesamt (2008).

Zieht man von der deutschen inländischen Pkw-Produktion für das Inland in 2008 (1.400.370 Pkws) unter Einbezug der Pkw-Jahresproduktionsrate 45 Prozent ab, entfallen 624.837 Pkws im Produktionsprozess. Dies entspricht 11,29 Prozent der gesamten deutschen inländischen Pkw-Produktion in 2008.

¹⁶⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt (2008).

¹⁶¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2017).

Bei einer direkten Übertragung des Pkw-Produktionsrückganges auf die Arbeitsplätze in Deutschland entsprechen 11,29 Prozent *84.610 Arbeitsplätzen*, die in 2008 direkt der Automobilindustrie zuzuordnen sind.

Der Wegfall von 84.610 Arbeitsplätzen beziehungsweise Beschäftigten entspräche im Jahr 2008 in Deutschland 0,21 Prozent der Erwerbstätigen. Bei der Übertragung der absoluten Veränderung des Pkw-Produktionsvolumens ohne Berücksichtigung von Fahrzeughaltedauern (und ohne Einbezug der Pkw-Jahresproduktionsrate) auf die Beschäftigtenzahlen würden sogar noch mehr Arbeitsplätze entfallen. In diesem Fall fiel das Pkw-Produktionsvolumen nicht um 45, sondern 64 Prozent.

Damit kann die siebte Hypothese verifiziert werden. Innerhalb der CASE-Simulation führt der Pkw-Produktionsrückgang in Deutschland zu einem Rückgang von Arbeitsplätzen die direkt von der Automobilindustrie abhängen.

5.7.2 Hypothesendiskussion

Die Inhalte der Diskussion um die sechste Hypothese lassen sich auf die Diskussion dieser Hypothese größtenteils übertragen.

Innerhalb der CASE-Simulation führt der Rückgang des Pkw-Produktionsvolumens, welcher für den inländischen Markt bestimmt ist, dazu, dass unter Berücksichtigung von Fahrzeughaltedauern 84.610 Arbeitsplätze verloren gingen. Bei *ähnlichen Nachfrageentwicklungen in Ländern, die Pkws von Deutschland importieren*, dürften noch *wesentlich mehr Arbeitsplätze verloren gehen*.

Darüber hinaus darf man nicht vergessen, dass neben den direkt von der Automobilindustrie abhängenden Arbeitsplätzen noch weit mehr Arbeitsplätze indirekt von der Automobilindustrie abhängen. Zwar bleibt es strittig, ob in Deutschland jeder siebte Arbeitsplatz direkt oder indirekt vom Automobil abhängt, doch neben den Arbeitsplätzen, die direkt der Automobilindustrie zuzuordnen sind, müssten auch Taxi- und Busfahrer, Fahrlehrer oder Straßenbauarbeiter genau genommen mit einbezogen werden.¹⁶²

Ähnlich wie bei der Entwicklung des Pkw-Produktionsvolumens könnten neue Geschäftsfelder im Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr für einen erheblichen Pkw-Produktionszuwachs sorgen und den zu erwartenden Arbeitsplatzrückgang kompensieren oder

¹⁶² Vgl. Spiegel Online (2009).

sogar überkompensieren.

Darüber hinaus darf nicht vergessen werden, dass die vier CASE-Megatrends vor allem im Bereich der IT neue Arbeitsplätze hervorbringen werden. Fraglich bleibt jedoch, ob diese im Bereich der IT geschaffenen Arbeitsplätze den zu erwartenden Rückgang an Arbeitsplätzen durch CASE-Flotten kompensieren beziehungsweise überkompensieren können.

Die Arbeitsplatzbetrachtung ist dahingehend limitiert, dass sich eine Veränderung in der Pkw-Nachfrage nicht proportional auf die Arbeitsplätze, welche direkt von der Automobilindustrie abhängen, auswirkt. Bei einer Vielzahl von verschiedenen Arbeitsplätzen, die direkt von der Automobilindustrie abhängen, hat eine Pkw-Nachfrageveränderung unterschiedliche Auswirkungen auf die verschiedenen Bereiche, in denen das Arbeitsplatzangebot entsteht (Verwaltung, Produktion, Logistik beispielsweise).

Dennoch verdeutlicht die Prüfung der siebten Hypothese, dass CASE-Flotten das Potential besitzen, in Deutschland eine Vielzahl von Arbeitsplätzen zu vernichten (durch den City-Verkehr) und neue Arbeitsplätze zu schaffen (durch den Intercity- und Rural-Verkehr).

5.8 Hypothese 8: CASE-Flotten führen zu mehr Elektrofahrzeugen

Die achte aufgestellte Forschungshypothese dieser Arbeit bezieht sich auf die Zahl der Elektrofahrzeuge im deutschen Straßenverkehr und ist wie folgt formuliert:

Hypothese acht: *Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland im Vergleich zum System des eigentumsbasierten Privatautomobils zu einem erhöhten Anteil an Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr.*

Mit Hilfe der CASE-Simulation kann die achte Hypothese dieser Arbeit ausgewertet und diskutiert werden.

5.8.1 Hypothesenauswertung

Das Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2020 eine Millionen Elektrofahrzeuge in den deutschen Straßenverkehr zu integrieren, scheint unrealistisch zu sein.¹⁶³ Die Ursachen hierfür wurden im Unterabschnittspunkt 2.4.2 ausführlich besprochen. Die CASE-Simulation gibt in diesem Zusammenhang darüber Aufschluss, welche Potentiale die vier Megatrends hinsichtlich der Elektrifizierung entfalten können.

Bei einem Direktvergleich der vorhandenen Elektrofahrzeuge in Deutschland in 2008 und der CASE-Simulation ergeben sich die in Abbildung 87 dargestellten Verhältnisse.

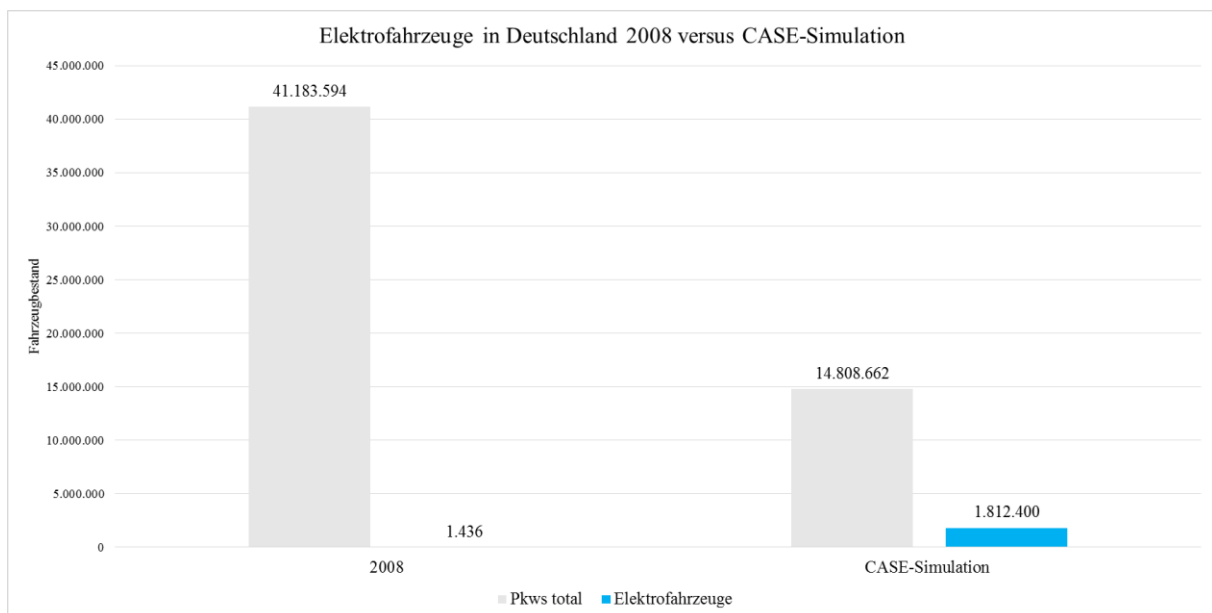


Abbildung 87: Elektrofahrzeuge in Deutschland 2008 versus CASE-Simulation

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017c).

¹⁶³ Vgl. Bundesregierung (2017).

Während im Jahr 2008 in Deutschland von den insgesamt 41.183.594 Pkws im Fahrzeugbestand gerade einmal 1.436 Pkws elektrisch betrieben waren, wird innerhalb der CASE-Simulation ein Bestand von 1.812.400 Elektrofahrzeugen realisiert. Diese 1.812.400 Elektrofahrzeuge regeln den Verkehr in Deutschlands Städten.

Insgesamt wird innerhalb der CASE-Simulation ein Fahrzeugbestand von 14.808.662 Fahrzeugen realisiert. Diese Zahl ergibt sich aus 1.812.400 Elektrofahrzeugen in den Städten und 12.996.262 konventionellen Fahrzeugen, welche unverändert zur Ausgangssituation in 2008 den Verkehr in großen und kleinen ländlichen Gemeinden regeln.

Die achte Hypothese kann also mit Hilfe der CASE-Simulation verifiziert werden. Vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme führen in Deutschland im Vergleich zum System des eigentumsbasierten Privatautomobils zu einem erhöhten Anteil an Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr.

5.8.2 Hypothesendiskussion

Die Auswertung der achten Hypothese hat gezeigt, dass entsprechende Rahmenbedingungen dazu führen können, die Anzahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland von 1.436 Elektrofahrzeugen in 2008 beziehungsweise 34.022 Elektrofahrzeugen in 2017¹⁶⁴ auf 1.812.400 Elektrofahrzeuge anzuheben.

Die Realisierbarkeit hierfür wäre aus technischer Sicht schon heute unproblematisch (siehe Abschnitt 3.2). Die urbane Jahresfahrleistung, welche in Deutschland im Jahr 2008 zwischen 4.000 und 6.000 Kilometern je Pkw lag, könnte ohne Probleme gänzlich elektrifiziert werden (siehe auch Abbildung 57).

Bei einer totalen durchschnittlichen Jahresfahrleistung je Pkw von 14.359 Kilometern¹⁶⁵ stellt dies eine erhebliche Einsparung von CO₂-Emissionen dar. Bei einer Verhältnisbetrachtung stellen 1.812.400 Elektrofahrzeuge gegenüber dem totalen Pkw-Bestand von 14.808.662 Fahrzeugen (CASE-Simulation) ein besseres Ergebnis dar als gegenüber 41.183.594 Fahrzeugen (2008). Die generelle Senkung des Fahrzeugbestandes durch CASE-Flotten und die Elektrifizierung führt also dazu, dass sich auch der prozentuale Anteil an Elektrofahrzeugen am totalen Pkw-Bestand im Vergleich zur Ausgangssituation in 2008 erhöhen würde.

¹⁶⁴ Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2017a).

¹⁶⁵ Vgl. Mobilität in Deutschland (2008e).

Die urbane Jahresfahrleistung von Pkws in Deutschland lag in 2008 zwischen 4.000 und 6.000 Kilometer. Da die gesamte Jahresfahrleistung je Pkw jedoch bei durchschnittlich 14.359 Kilometer lag, stellt dies eine Limitation in der Betrachtung dar. Um eine Lösung für dieses Problem bereitzustellen, sind CASE-Flotten im Intercity-Verkehr und Rural-Verkehr vorgesehen. Hierbei könnten mit zunehmenden Reichweiten der CASE-Fahrzeuge längere Intercity-Strecken beziehungsweise weitere Rural-Radien realisiert werden.

Darüber hinaus bildet die CASE-Simulation eine gänzliche Besetzung von Städten mit CASE-Flotten ab. Wahrscheinlicher ist eine Koexistenz zwischen CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen. Tiefergehende Erläuterungen zur Koexistenz von CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatautos sind in den nachfolgenden Handlungsempfehlungen bereitgestellt.

5.9 Handlungsempfehlungen aus Sicht der Institutionenökonomik

Aus Sicht der *Institutionenökonomik* leiten sich aus den vorgenommenen Auswertungen Handlungsempfehlungen ab, welche sich in die *Theorie der Verfügungsrechte* einordnen lassen.¹⁶⁶

In der heutigen Ausgangssituation (welche sich verglichen mit der Situation in 2008 kaum verändert hat) verursacht die Mobilität der deutschen Bevölkerung vor allem in Städten negative externe Effekte. Zu diesen zählen der Ausstoß von CO₂-Emissionen, Verkehrsstaus, Verkehrsunfälle, Lärmbelastungen und die Inanspruchnahme öffentlicher Flächen für Parkraum.

Bislang hat der Staat, der Rahmenregeln setzt, diese *negativen externen Effekte* nur minimal unterbunden beziehungsweise *internalisiert*: Zwar wurden CO₂-Grenzwerte gesetzt, Fahrverbote ausgesprochen und Elektrofahrzeuge steuerlich begünstigt, doch trugen diese Maßnahmen nur wenig zur Problemlösung bei.

Dieses zögerliche Handeln des Staates lässt sich nur damit erklären, dass die heutige Mobilitätsform einen entscheidenden Vorteil für die Gesamtwirtschaft mit sich bringt, welcher um keinen Preis gefährdet werden darf – die *Einsparung von Zeit*.

Der Wohlfahrtsgewinn durch die Einsparung von Zeit scheint aus Sicht des Staates die Kosten der negativen externen Effekte mehr als aufzuwiegen. Da jede politische Maßnahme zur Unterbindung der negativen externen Effekte das übergeordnete Motiv des Zeitgewinns gefährden würde, fanden kaum politische Maßnahmen statt.

Durch die vier Megatrends Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car können die *negativen externen Effekte nun erstmals eliminiert werden, ohne die Komponente der Zeiteinsparung negativ zu beeinflussen*: CASE-Flotten verursachen keine CO₂-Emissionen. Durch die Vernetzung der CASE-Fahrzeuge kommt es zu keiner Staubildung. Verkehrsunfälle die auf menschliches Versagen zurückzuführen sind, gehören auf Grund der Vernetzung der Vergangenheit an. Im Gegensatz zu konventionellen Fahrzeugen mit Ottomotoren beziehungsweise Dieselmotoren senken CASE-Flotten die Lärmbelastung durch ihre Elektromotoren auf ein minimales Level. Darüber hinaus eliminieren sie den Bedarf an öffentlichen Flächen für Parkraum (On-Street-Parkplätze).

¹⁶⁶ Vgl. Demsetz (1967, S. 347-359).

Die verbleibenden Off-Street-Parkplätze einer jeden Stadt in Deutschland stellen den neuen Maßstab bei der *Veränderung der Verfügungsrechte* hinsichtlich neu zugelassener Fahrzeuge dar.

Die Analyse hat ergeben, dass in deutschen Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern schätzungsweise 4.919.639 Off-Street-Parkplätze in 2008 vorhanden waren. Hierzu zählen unter anderem Parkhaus-Parkplätze sowie Parkplätze, die zu Krankenhäusern, Universitäten und Sportstadien gehören. Die Analyse hat auch ergeben, dass die CASE-Flotten in Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern gerade einmal 1.415.817 (Off-Street-)Parkplätze benötigen.

Ein Verbot von eigentumsbasierten selbstfahrenden Fahrzeugen ist zur Lösung der Parkplatzproblematik also überhaupt nicht notwendig (und wäre auch mit den Prinzipien der freien Marktwirtschaft nicht vereinbar).

Vielmehr muss der Staat eine *Koexistenz von CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Pkws in Städten fördern* und hier den entsprechenden *Rahmen setzen*. Um die Inanspruchnahme öffentlicher Flächen für Parkraum gänzlich zu eliminieren, darf die Zahl der zugelassenen privaten und geteilten Fahrzeuge in einer Stadt nicht die Anzahl der Off-Street-Parkplätze übersteigen. Jede Fahrzeuganmeldung, die über die Anzahl an Off-Street-Parkplätzen hinausgeht ist nur durch das Vorhandensein eines privaten Stellplatzes beim Fahrzeughalter legitimierbar.

Diese Vorgehensweise hätte den großen Vorteil, dass Parkraum als knappe Ressource über den Preismechanismus eine effizientere Verteilung zukäme. Das kostenfreie Parken auf öffentlichem Raum ist aus ökonomischer Sicht in Szenarien mit selbstfahrenden beziehungsweise vollautomatisierten Fahrzeugen kaum begründbar.

Der Staat muss an dieser Stelle also als Ordnungsinstanz auftreten. Die frei werdenden Parkraumflächen können verschieden genutzt werden um dem übergeordneten Ziel einer lebenswerten Stadt näher zu kommen. Der Ausbau von Fahrradwegen beispielsweise würde in Städten eine Mobilitätsform fördern, die nicht nur CO₂-neutral ist, sondern auch ohne Stromverbrauch auskommt. Denkbar sind aber auch neu entstehende Grünflächen oder zusätzliche Fahrbahnen für den Straßenverkehr.

Hieraus ergeben sich konkrete *wirtschaftspolitische Handlungsempfehlungen auf Bundes-, Länder- und Kommunalebene* für Deutschland.

5.9.1 Handlungsempfehlungen auf Bundesebene

Auf Bundesebene findet bei der Gesetzgebung zum autonomen Fahren derzeit ein Prozess des Umdenkens statt. Es werden vor allem ethische Fragen des Rechts und Haftungsfragen diskutiert. Hierbei wird sukzessive eine rechtliche Grundlage für eigentumsbasierte selbstfahrende Privatfahrzeuge geschaffen. Der Verband der Automobilindustrie schätzt, dass dieser Prozess der Gesetzesschaffung in Kombination mit dem Ausbau der nötigen Infrastruktur frühestens im Jahr 2030 abgeschlossen sein wird (siehe Abbildung sechs).

Neben den Gesetzen, die für eigentumsbasierte selbstfahrende Privatfahrzeuge geschaffen werden, muss eine *gesetzliche Grundlage entstehen, die eine Pilotierung von vollautomatisierten und elektrischen Carsharing-Systemen bereits heute erlaubt*. Pilotierung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass *CASE-Flotten auf kleinen abgegrenzten Flächen bei niedriger Durchschnittsgeschwindigkeit getestet werden*.

Abschnitt 3.2 hat gezeigt, dass solchen Pilotierungen aus technischer Sicht heutzutage nichts im Wege steht. Wichtig ist, dass der Bund die Bundesländer und Kommunen von Gesetzeswegen her befähigt, Tests mit CASE-Flotten zu erlauben.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass CASE-Flotten nicht nur negative externe Effekte eliminieren, sondern auch eine Vielzahl von Vorteilen für eine Volkswirtschaft mit sich bringen. Die fallenden Kosten für Mobilität kommen vor allem der Konsumentenseite zugute.

Darüber hinaus sind *Fahrzeuginsassen, die vollautomatisiert an ihr Ziel gebracht werden, potentiell produktiver* als solche, die mit dem Lenken beschäftigt sind. Vor allem Berufstätige, die sich auf dem Weg zur Arbeit beziehungsweise auf dem Heimweg befinden, können während des Fahrens alternativ zum Lenken produktive Arbeit verrichten.

Münzt man diese dazugewonnene Zeit mit Hilfe von Stundengehältern monetär um, ergibt sich ein nicht unbeträchtlicher Wert an zusätzlicher produktiver Zeit für die Volkswirtschaft Deutschlands. Es macht also einen großen Unterschied, ob vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bereits heute vorangetrieben werden oder erst Jahr 2030 etabliert werden.

Sofern auf Bundesebene in Deutschland entsprechende Gesetzgebungen verabschiedet werden, die es Bundesländern und Kommunen erlauben, Tests mit CASE-Flotten zuzulassen entstehen für diese konkrete *Testfelder, die gefördert werden sollten*.

5.9.2 Handlungsempfehlungen auf Länder- und Kommunalebene

Auf Länder- und Kommunalebene empfiehlt es sich, die nachfolgenden Testfelder für CASE-Flotten in der beschriebenen Reihenfolge durch staatliche Förderung voranzutreiben.

- **Pilotierung auf Werksgeländen:** Was bereits heute stattfindet, ist die Pilotierung selbstfahrender Shuttles auf Werksgeländen (siehe Abbildung 17). Die durchführenden Unternehmen nutzen dabei das Schlupfloch in der bestehenden Gesetzeslage, auf dem eigenen privaten Gelände Verkehrsregeln setzen zu dürfen. Die Kommunen sollten hier für Unternehmen mit Werksgeländen Anreize schaffen, CASE-Flotten zu testen.
- **Pilotierung auf Autobahnen:** Um den Intercity-Verkehr mit CASE-Flotten zu pilotieren, werden Teststrecken zwischen Städten auf Autobahnen benötigt. Diese Pilotierung könnten Bundesländer nicht nur finanziell, sondern auch durch eine eigene Fahrspur für CASE-Fahrzeuge fördern.
- **Pilotierung in Modellstädten:** Bei der Planung von Modellstädten könnte als Prämisse der städtische Verkehr durch den Einsatz von CASE-Flotten geregelt werden. Ähnlich wie beim Werksgelände könnten Modellstädte einen eigenen abgeschlossenen Rechtsraum für eine Verkehrsordnung schaffen. Die potentiellen Bewohner dieser Modellstadt sind sich bei Erwerb der Eigentumsrechte für Grundstücke über diese Prämisse bewusst.
- **Pilotierung in Quartieren und Bezirken:** Wenn sich CASE-Flotten in den dargestellten Testfeldern bewiesen haben, kann auf Kommunalebene die Pilotierung in neu entstehenden Quartieren und schließlich auch in ganzen Bezirken gefördert werden.
- **Pilotierung in Städten und dem Umland:** Im letzten Schritt sollte die Pilotierung des CASE-Systems in Städten (City-Verkehr) und dem jeweiligen Umland (Rural-Verkehr) gefördert werden.

Ziel der Pilotierungen ist die Schaffung einer Koexistenz zwischen CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen. Deshalb müssen *eigentumsbasierte Privatfahrzeuge unter Auflagen auch in den Testfeldern zugelassen sein*. Aus Gründen der Sicherheit müssen hierbei *Mindeststandards bei der Vernetzungstechnologie (Connected Car)* gewährleistet sein.

5.10 Handlungsempfehlungen für die Mobilitätsbranche

Die Akteure der Mobilitätsbranche sollten die wirtschaftspolitischen Implikationen, welche sich aus den vier Megatrends Connected Car, Autonomous Car, Shared Mobility und Electric Car ergeben, frühzeitig antizipieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Namentlich sind mit der Mobilitätsbranche in Deutschland die folgenden Marktakteure gemeint: Automobilhersteller, Parkraumeigentümer, Betreiber des ÖPNVs und die Deutsche Bahn.

5.10.1 Handlungsempfehlungen für Automobilhersteller

Automobilhersteller können sich langfristig vor den CASE-Megatrends nicht verschließen. Sie sollten daher bereits kurzfristig auf die zu erwartenden Änderungen eingehen, um am Markt Bestand zu haben.

Bisher herrschte gegenüber den CASE-Megatrends auf Seiten der Automobilhersteller große Skepsis und eine verhaltene Reaktionsbereitschaft. Den *Großteil der Gewinne realisieren Automobilhersteller erst nach dem Verkauf des Fahrzeuges mit dem Reparatur- und Ersatzteilegeschäft*. Da Elektrofahrzeuge und somit auch CASE-Fahrzeuge im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen aus einer geringeren Anzahl an Komponenten bestehen (keine Notwendigkeit für Ölfilter und Zündkerzen usw.), wird davon ausgegangen, dass das Geschäft mit Wartungs- und Reparaturarbeiten durch den Umstieg auf Elektrofahrzeuge Umsatzeinbrüche von mehr als einem Drittel erleiden wird.¹⁶⁷ Es ist also nur verständlich dass CASE von vielen *Stakeholdern aus der Automobilbranche* als Bedrohung und nicht als Chance wahrgenommen wird.

Darüber hinaus ist das Konzept des Carsharings aus Konsumentensicht vorteilhaft, da die geteilten Fixkosten zu einem massiven Preissturz beim Preis für Mobilität führen können. Aus Sicht der Automobilhersteller jedoch bedeutet das Konzept des Carsharings eine geringere Anzahl an benötigten Fahrzeugen und somit ein Produktionsrückgang mit allen Folgen.

Auch werden Automobilhersteller durch die vier CASE-Megatrends zunehmend in ein Wettbewerbsumfeld gedrängt, in dem sie umgeben sind von Technologieunternehmen mit ausgeprägtem *IT-Know-how* (Alphabet, Apple oder Uber als neue Konkurrenten im Markt). Pferdestärken und Ästhetik sind in diesem Zusammenhang nicht mehr das Maß aller Dinge,

¹⁶⁷ Vgl. Diez (2012, S. 2-5).

sondern die Datenhoheit und verlässliche Algorithmen. Die Vorzeichen stehen also nicht gut für die Automobilhersteller (und -zulieferer).

Fakt ist jedoch, dass sich langfristig kein Automobilhersteller vor diesem Trend verschließen kann, denn die Rahmenbedingungen für CASE-Flotten entstehen nicht beim Automobilhersteller, sondern beim Wähler. Wenn die deutschen Wähler über die Eliminierung von negativen externen Effekten oder einen gesunkenen Preis für Mobilität von CASE profitieren, entsteht Druck auf Politiker. Diese unterliegen wiederum der *Wiederwahlrestriktion* und setzen den geeigneten Ordnungsrahmen. Die Automobilhersteller haben also keine Wahl – sie müssen sich an die neuen Umweltbedingungen anpassen.

Die nachfolgenden Punkte können als konkrete Handlungsempfehlungen für Automobilhersteller genannt werden.

- **Partizipation an CASE-Pilotierungen:** Automobilhersteller sollten bereits heute Testfelder für CASE-Flotten auf Werksgeländen, Autobahnen oder in Modellstädten nutzen um sich Know-how auf diesem Gebiet anzueignen.
- **Implementierung eines Intercity-Carsharings:** CASE-Flotten im Intercity-Verkehr stellen das große noch gänzlich unbesetzte Geschäftsfeld für Automobilhersteller dar. Während mit dem City-Carsharing bereits heute der Grundstein für spätere CASE-Flotten im City-Verkehr gelegt wurde, fehlt das Intercity-Carsharing in Deutschland gänzlich. Dabei boten in 2008 die deutschen Städte ein Potential von 1.557 Städten beziehungsweise Verbindungspunkten.
- **Entwicklung eines Einsitzer-Pkws:** Der Großteil der Fahrzeugbewegungen in Städten wird durch Personen, die alleine fahren, verursacht (siehe auch Tabelle fünf). Die Entwicklung eines Einsitzer-Pkws für urbane CASE-Flotten wird empfohlen. Wenn die Prognose zutrifft, dass der Markt für Parkraum liberalisiert wird, bedeuten zwei Einsitzer-Pkws, die auf einen regulären Parkplatz passen, eine Kosteneinsparung von 50 Prozent hinsichtlich der Parkraumgebühren. Hinzu kommt, dass Einsitzer-Pkws erwartungsgemäß einzelne Personen zu geringeren Kosten transportieren können als Zweisitzer-Pkws.

- **Investitionen in den urbanen Parkraum:** Da sich Automobilhersteller zu Mobilitätsdienstleistern wandeln und deren Geschäft maßgeblich vom Preis für Parkraum beeinflusst wird, könnte der Kauf von Parkraum in Städten bereits heute sinnvoll sein. Schließlich ist zu erwarten, dass eine Liberalisierung des Marktes für Parkraum zu einem Anstieg des Preises führen wird.

5.10.2 Handlungsempfehlungen für Parkraumeigentümer

Professionelle Eigentümer von Parkraum in Städten sind bereits heute in der vorteilhaften Situation, von der zunehmenden Urbanisierung zu profitieren. Die immer höhere Nachfrage nach Wohnraum in Städten wird von einer steigenden Nachfrage nach Parkraum begleitet.

Dadurch steigt der Preis für Parkraum und die Gewinne der professionalisierten Parkraumeigentümer nehmen zu. In einem Szenario, welches aus einer Koexistenz zwischen CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen besteht, ist mit einer Liberalisierung des Marktes für Parkraum zu rechnen.

Mit dem Verschwinden von Straßenparkplätzen (On-Street-Parkplätzen) und einer Liberalisierung des Marktes für Parkraum ist mit einem weiteren Preisanstieg für Parkraum zu rechnen. Daraus ergeben sich die folgenden konkreten Handlungsempfehlungen für die Branchenakteure.

- **Zukauf von Parkraum:** Professionellen Eigentümern von Parkraum wird der Zukauf von Parkraum in Städten empfohlen, da mit steigenden Preisen zu rechnen ist. Hierfür müssen nicht zwingend professionelle Verkaufspartner gefunden werden – auch private Eigentümer von Parkraum stellen im Kontext von CASE Verkaufspartner dar.
- **Investitionen in die Ladeinfrastruktur:** Die Ladeinfrastruktur in Parkhäusern und anderen Parkplatzeinrichtungen ist eine unerlässliche Voraussetzung, um wettbewerbsfähig im Markt für Parkraum zu bleiben. Somit wird schon heute der Ausbau der Ladeinfrastruktur empfohlen. Da in Deutschland im Zuge der Energiewende mit einer weiteren Förderung von alternativen Energien zu rechnen ist, wird darüber hinaus die Ausstattung von professionalisiertem Parkraum mit Photovoltaikanlagen empfohlen.

5.10.3 Handlungsempfehlungen für Betreiber des ÖPNVs

Der öffentliche Personennahverkehr ist in der Form, wie er heute besteht, langfristig fraglos

nicht mehr konkurrenzfähig. Dies hat die Auswertung der fünften Hypothese verdeutlicht.

Das liegt zum einen daran, dass der ÖPNV preislich den CASE-Flotten deutlich unterlegen ist. Hinzu kommt der Komfortfaktor: Während CASE-Fahrzeuge die Nutzer punktgenau zu einer gewünschten Zeit einsammeln sind ÖPNV-Nutzer gezwungen, zur nächstliegenden Station zu laufen und auf den Linienbus oder die Straßenbahn zu warten.

Hinzu kommt der ökologische Aspekt, welcher auch bei der politischen Förderung der Systeme nicht unbeachtet bleiben darf. Linienbusse und Straßenbahnen realisieren Leerfahrten und ungenutzte Kapazitäten an Sitzplätzen, da sie auf Grund ihrer Größe den individuellen Präferenzen ihrer Nutzer nicht gerecht werden können. CASE-Flotten hingegen sind auf Grund ihrer intern differierenden Fahrzeuggrößen theoretisch dazu in der Lage, eine volle Kapazitätsauslastung hinsichtlich der Sitzplatzbelegung zu realisieren. Lediglich die Relokationsfahrten finden hierbei leer statt.

Aus diesem Kontext heraus werden für Betreiber des ÖPNVs die nachfolgenden Handlungsempfehlungen ausgesprochen.

- **Umstieg auf flexible Sammeltaxis:** Es ist zu erwarten, dass Linienbusse auf Grund der oben genannten Gründe langfristig durch flexible Sammeltaxis ersetzt werden. Diese Sammeltaxis werden von den Nutzern per App bestellt und bringen sie schneller als Linienbusse an ihr Ziel. Betreiber des ÖPNVs sollten dieses Geschäftsfeld bereits heute für sich erschließen, um in Zukunft ein Produkt zu bieten, dass gegenüber CASE-Flotten konkurrenzfähig ist.
- **Umstieg auf CASE-Flotten:** Zusätzlich empfiehlt es sich auf lange Sicht, selbst als Anbieter von CASE-Flotten zu agieren. Der Preis- und Kostenvergleich zwischen ÖPNV-Abonnements heute und einem „Abonnement von CASE-Flotten“ hat gezeigt, dass dieser Schritt unausweichlich sein wird.
- **Kritische Hinterfragung des Schienenverkehrs:** Linienbusse können durch flexible Sammeltaxis ersetzt werden. Doch Straßenbahnen sind durch das dazugehörige Schienennetz in ihrer Ausgestaltung limitiert. Für ÖPNV-Betreiber gilt es, kritisch zu überprüfen, ob sich Straßenbahnen und die permanenten Investitionen in das Schienennetz langfristig gegenüber dem Betrieb von reinen CASE-Flotten und flexiblen Sammeltaxis rechnen. Gerade in größeren Städten, in denen Straßenbahnen in Form von U-Bahnen betrieben werden, könnten die Tunnelsysteme zu wertvollem unterirdischem Parkraum unfunktioniert werden.

5.10.4 Handlungsempfehlungen für die Deutsche Bahn

Die Deutsche Bahn erzielt den Großteil der Gewinne nicht mit der Personenbeförderung, sondern durch *Gütertransporte und das Angebot von Logistikdienstleistungen*. Wenn man die durchgeführten Analysen und Szenarien auf den Transportbereich überträgt und kritisch hinterfragt, ob *selbstfahrende Lastkraftwagen* das Kerngeschäft der Deutschen Bahn bedrohen, müssen zwei Aspekte in die Betrachtung miteinbezogen werden.

Der schienengestützte Gütertransport kann ohne Probleme große Reichweiten auf dem Binnenland realisieren – dies lässt sich von selbstfahrenden Lastkraftwagen für absehbare Zukunft nicht behaupten. Darüber hinaus können Güterzüge je nach Auftrag bis an die Kapazitätsgrenzen mit Waren beladen werden. Im Gegensatz zum öffentlichen Personennahverkehr lassen sich also beim Güterverkehr auf Schienen Leerfahrten und geringe Kapazitätsauslastungen vermeiden. Angesichts dieser zwei Aspekte bleibt es sehr fraglich, ob die vier CASE-Megatrends das Kerngeschäft der Deutschen Bahn ernsthaft bedrohen.

Jedoch hat die Analyse ergeben, dass die Sparte des Personenverkehrs der Deutschen Bahn auf Strecken zwischen Städten mit Einführung der CASE-Flotten im Intercity-Verkehr unter zunehmenden Wettbewerbsdruck geraten wird.

Daher können hinsichtlich des Personenverkehrs der Deutschen Bahn folgende Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden.

- **Investitionen in Hochgeschwindigkeitszüge:** CASE-Flotten bieten im Intercity-Verkehr einen ähnlichen Komfort wie die Personenzüge der Deutschen Bahn. Sie erlauben es dem Nutzer, während der Fahrt Tätigkeiten nachzugehen wie dem Arbeiten am Laptop oder dem Lesen eines Buches. Im Direktvergleich schneiden CASE-Flotten sogar besser als Personenzüge ab, da sie zeitlich flexibel bereitstehen. Personenzüge können diese Unterlegenheit nur durch einen Aspekt *der Geschwindigkeit* wettmachen. Wenn die Deutsche Bahn es schafft, Züge zu entwickeln, die nach dem Vorbild vom amerikanischen Unternehmen *Hyperloop Transportation Technologies*¹⁶⁸ Geschwindigkeiten von rund *1200 Kilometern pro Stunde* realisieren, würde dies einen Wettbewerbsvorteil darstellen, den CASE-Flotten im Personenverkehr wohl kaum imitieren könnten.

¹⁶⁸ Vgl. Wirtschaftswoche (2016).

- **Kooperation mit Anbietern von CASE-Flotten:** Beim Personenverkehr mit der Bahn auf längeren Strecken liegt es im Interesse der Deutschen Bahn, für Kunden auch Lösungen für den ersten und letzten Abschnitt der Reise bereitzustellen. Mit dem ersten Abschnitt der Reise ist die Strecke vom Startpunkt bis zum Startbahnhof gemeint. Der letzte Abschnitt meint die Strecke vom Zielbahnhof bis zum Endziel der Reise. Für einen nahtlosen Übergang auf dem ersten und letzten Abschnitt der Reise wird der Deutschen Bahn empfohlen, schon heute mit Carsharing-Anbietern zu kooperieren. So kann wertvolles Know-how für die Kooperationen gesammelt werden, auf welche es künftig hinauslaufen wird – Kooperationen mit Anbietern von CASE-Flotten.

6. Fazit und Ausblick

Die quantitative Vergleichsanalyse zwischen der Mobilität der Deutschen in 2008 und der CASE-Simulation hat gezeigt, dass der urbane Verkehr in seiner heutigen Form hochgradig ineffizient ist. Obwohl in allen Städtetypen Deutschlands über 90 Prozent der Fahrzeugbewegungen mit ein bis zwei Personen im Fahrzeug passierten (Unterabschnittspunkt 4.2.4), wurden fast alle urbanen Fahrten in Fahrzeugen mit fünf oder mehr Sitzplätzen getätigt (Unterabschnittspunkt 4.2.3). In allen Städtetypen könnten alternativ CASE-Flotten, die zu mindestens 85 Prozent aus Zweisitzer-Pkws bestehen, innerhalb der CASE-Simulation die urbane Mobilitätsnachfrage bedienen (Unterabschnittspunkt 4.2.8).

Im Jahr 2008 lagen die Total Cost of Ownership in Deutschland im günstigsten Fahrzeugsegment der Minis mit Dieselmotor bei 19 Cent pro Kilometer (Unterabschnittspunkt 4.1.7). Durch die intensive Auslastung von CASE-Flotten könnten Minis innerhalb der CASE-Simulation hingegen mit Kosten von sieben Cent pro Kilometer operieren (Unterabschnittspunkt 5.4.1). Nutzern von CASE-Flotten könnten in einem Luxus-Szenario darüber hinaus Fahrzeuge der Oberklasse zu Kosten von 30 Cent pro Kilometer geboten werden – dieselben Kosten realisierten im Jahr 2008 Minis mit Ottomotoren. Beim Direktvergleich zwischen CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen bieten CASE-Flotten dem Nutzer immer das höhere Fahrzeugsegment bei gleichen Kosten oder geringere Kosten im gleichen Fahrzeugsegment.

Diese massive Kostenverschiebung führt dazu, dass Deutschlands ÖPNV-Angebot gemessen an Abonnement-Preisen in der heutigen Form gegenüber CASE-Flotten nicht mehr konkurrenzfähig ist (Unterabschnittspunkt 5.5.1). In der Konsequenz muss das Konzept des Linienbusses und der Straßenbahn kritisch hinterfragt werden. Als Handlungsempfehlung wird ÖPNV-Betreibern geraten, schon heute flexible Sammeltaxis anzubieten und künftig auch selbst als Anbieter von CASE-Flotten aufzutreten.

In Deutschlands Städten lag die Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrten im Jahr 2008 bei nicht mehr als 35 Kilometern pro Stunde (Unterabschnittspunkt 4.2.5). Einige der Faktoren, die dieses langsame Durchschnittstempo im urbanen Verkehr bedingen wie Wartezeiten an Ampeln oder Verkehrsstaus, entfallen in einem Szenario mit CASE-Flotten. Aus diesem Grund ist damit zu rechnen, dass die vier CASE-Megatrends zu Durchschnittsgeschwindigkeiten im urbanen Verkehr führen, die weit über 35 Kilometer pro Stunde liegen.

Die Analyse hat gezeigt, dass CASE-Flotten in allen Städtetypen Deutschlands weniger als acht Prozent des Pkw-Bestandes aus dem Jahr 2008 benötigen, um operationsfähig zu sein (Unterabschnittspunkt 5.1.1). Dieses potentielle Absinken des Pkw-Bedarfes in deutschen Städten zieht mehrere Implikationen nach sich:

Bei einer direkten Übertragung dieses Pkw-Nachfrageeinbruchs auf das deutsche Pkw-Produktionsvolumen aus dem Jahr 2008, welches für den inländischen Markt bestimmt war, würde dieses auf 36 Prozent des Ausgangswertes fallen (Unterabschnittspunkt 5.6.1). Unter Berücksichtigung der kürzeren Lebenszyklen von CASE-Fahrzeugen (bedingt durch die intensivere Nutzung) fiel das deutsche Pkw-Produktionsvolumen, welches für den inländischen Markt bestimmt ist, schätzungsweise auf 55 Prozent des Ausgangswertes.

Konkret würde dies einen Rückgang des gesamten deutschen Pkw-Produktionsvolumens im Jahr 2008 von 624.837 Pkws oder 11,29 Prozent bedeuten. Gemessen an den Arbeitsplätzen, die im Jahr 2008 direkt der deutschen Automobilindustrie zugeordnet waren, ergäbe sich, hieraus ein Arbeitsplatzabbau von 84.610 Beschäftigten in der deutschen Automobilbranche (Unterabschnittspunkt 5.7.1). Arbeitsplätze, die indirekt von der Automobilbranche abhängen (Taxi- und Busfahrer, Fahrlehrer, Straßenbauarbeiter usw.), sind in dieser konservativen Rechnung nicht einmal aufgeführt. Rund drei Viertel des deutschen Pkw-Produktionsvolumens waren in 2008 für den Export bestimmt. Der Einbezug des Exportgeschäftes bei ähnlichen Entwicklungen im Ausland würde die Höhe des Produktions- und Arbeitsplatzrückganges in Deutschland also noch drastisch steigern.

Eine Koexistenz von CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen würde diesen Effekt teilweise kompensieren. Darüber hinaus wurde der Intercity-Verkehr in der CASE-Simulation durch Bus, Bahn und Flugzeug abgebildet. Der Intercity-Verkehr bietet ein neues Geschäftsfeld für Automobilhersteller, welches heutzutage gänzlich unbesetzt ist: das Intercity-Carsharing. Mit 1.557 verschiedenen deutschen Städten im Jahr 2008 bietet dieses Geschäftsfeld Potential für den Einsatz von CASE-Flotten (Unterabschnittspunkt 5.10.1). Hieraus ergibt sich für die Automobilbranche neues Pkw-Produktionspotential und somit auch die Nachfrage nach Arbeitskräften, welche kompensierend wirken könnte.

Der Einsatz von CASE-Flotten im Intercity-Verkehr steht in einem direkten Wettbewerbsverhältnis zum Angebot der Deutschen Bahn im Personenverkehr. Der Deutschen Bahn wird empfohlen, auf Hochgeschwindigkeitszüge zu setzen und damit ein Alleinstellungsmerkmal im Intercity-Verkehr zu generieren (Unterabschnittspunkt 5.10.4).

Die Ziele der Bundesregierung, bis zum Jahr 2020 eine Millionen Elektrofahrzeuge in den deutschen Verkehr zu integrieren, sind in Anbetracht des inkrementellen Ansatzes unrealistisch auf Grund von Problemfeldern bezüglich des Anschaffungspreises, der Reichweite von Elektrofahrzeugen und der Ladeinfrastruktur (Unterabschnittspunkt 2.4.2). Zielführender wäre die Kombination der vier CASE-Felder im Sinne des disruptiven Ansatzes. Innerhalb der CASE-Simulation könnten so 1.812.400 vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Fahrzeuge den urbanen Verkehr regeln (Unterabschnittspunkt 5.8.1). Um diesem Ziel näher zu kommen, wird empfohlen, auf Bundesebene Gesetze zu verabschieden, die Tests mit CASE-Flotten auf abgegrenzten Gebieten legalisieren und fördern (Unterabschnittspunkt 5.9.1).

Aus Sicht der Institutionenökonomik werden durch vollautomatisierte und elektrische Carsharing-Systeme bestimmte negative externe Effekte (CO₂-Emissionen, Verkehrsstaus, Verkehrsunfälle, Lärmbelastungen) gänzlich eliminiert. Da die Analyse gezeigt hat, dass Straßenparkplätze selbst bei einer Koexistenz von CASE-Flotten und eigentumsbasierten selbstfahrenden Privatfahrzeugen in deutschen Städten nicht mehr zwingend benötigt werden, bietet sich hier ein institutionelles Arrangement an (Unterabschnittspunkt 5.2.1). Denn die Blockierung von öffentlichem Raum mit Fahrzeugen stellt einen negativen externen Effekt dar. Empfohlen wird bei einem CASE-Szenario die Änderung der Verfügungsrechte hinsichtlich der Fahrzeugzulassungen (Abschnitt 5.9). Hierbei macht eine Obergrenze für Fahrzeuge in deutschen Städten Sinn, welche sich nach den Kapazitäten in Parkhäusern und ähnlichen Einrichtungen (Off-Street-Parkraum) richtet. Dadurch würde der Zugang zur knappen Ressource Parkraum in Städten allein über den Preismechanismus geregelt werden.

Im Jahr 1888 unternahm Bertha Benz (Ehefrau von Carl Friedrich Benz) die erste erfolgreiche Fernfahrt mit dem Automobil. Sie bewältigte mit dem *Benz Patent-Motorwagen Nummer 3* eine 106 Kilometer lange Fahrt von Mannheim nach Pforzheim auf Straßen, deren Bild von Pferdekutschen geprägt war.

125 Jahre danach beschreitet das Forschungsfahrzeug S 500 Intelligent Drive von Mercedes-Benz dieselbe Strecke automatisiert auf Straßen, die von konventionellen Fahrzeugen geprägt sind. Es bleibt nur eine Frage der Zeit, bis konventionelle Fahrzeuge mit Lenkrad, Gaspedal und Verbrennungsmotor durch CASE-Flotten und eigentumsbasierte selbstfahrende Elektrofahrzeuge ersetzt werden. So wie Pferdekutschen heutzutage im Straßenverkehr nur noch selten vorzufinden sind, werden konventionelle Fahrzeuge, wie man sie heute kennt, künftig nur noch selten im Straßenverkehr zu sehen sein.

Literaturverzeichnis

- Aken, J.E.v., Romme, A.G. (2012):** A design science approach to evidence-based management, in: The Oxford handbook of evidence-based management, hrsg. von D.M. Rousseau, Oxford, S. 43-57.
- Becher, G. et al. (2015):** Automatisiert.Vernetzt.Elektrisch. Potenziale innovativer Mobilitätslösungen für Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Becker, S., Ledwon, M. (2010):** Zwischenbericht der Arbeitsgruppe 3 – Lade-Infrastruktur und Netzintegration, Nationale Plattform Elektromobilität, Berlin.
- Benad, H. et al. (2012):** Infrastrukturelle Aspekte der Elektromobilität von morgen, Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management, Nr. 7, ESB Business School, Reutlingen.
- Burgdorf, M. et al. (2012):** Raumabgrenzungen und Raumtypen des BBSR, in: Analysen Bau.Stadt.Raum, Band 6, hrsg. von Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn, S. 26-35.
- Burns, L.D., Jordan, W.C., Scarborough, B.A. (2013):** Transforming Personal Mobility, The Earth Institute, Columbia University.
- Dallinger, D. et al. (2011):** Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Demsetz, H. (1967):** Toward a Theory of Property Rights, in: The American Economic Review, Volume 57, Nr. 2, S. 347-359.
- Diez, W. (2012):** Auswirkungen der Elektromobilität auf das Servicegeschäft vertragsgebundener Autohäuser, Arbeitspapier Nr. 6, Institut für Automobilwirtschaft.
- Dobbs R. et al. (2012):** Urban World: Cities and the rise of the consuming class, McKinsey Global Institute.
- Dokic, J., Müller, B., Meyer, G. (2015):** European Roadmap – Smart Systems for Automated Driving, Version 1.2, Berlin.
- Dollen, M.V. (2009):** Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap, Electric Power Research Institute.
- Fagnant, D., Kockelman, K.M. (2014):** The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios.
- Gasser, T.M. (2015):** Grundlegende und spezielle Rechtsfragen für autonome Fahrzeuge, in: Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, hrsg. von M. Maurer et al., S. 543-574.

- Gossen, M. (2013):** Nutzen statt Besitzen: Motive und Potenziale der internetgestützten gemeinsamen Nutzung am Beispiel des Peer-to-Peer Car-Sharing, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin.
- Götz, K. et al. (2012):** Attraktivität und Akzeptanz von Elektroautos, Ergebnisse aus dem Projekt OPTUM – Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen, Frankfurt am Main.
- Gundermann, A. et al. (2015):** On the road toward the autonomous truck – Opportunities for OEMs and suppliers, Roland Berger Strategy Consultants GmbH, München.
- Hars, A. (2014a):** Wie revolutionär sind selbstfahrende Fahrzeuge? Eine Wirkungskettenanalyse, in: Radikale Innovationen in der Mobilität – Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte, hrsg. von H. Proff, Wiesbaden, S. 267-283.
- Hars, A. (2014b):** Ein neuer Ansatz zur Lösung des Reichweitenproblems von Elektrofahrzeugen, in: Tagungsband EMA-N, hrsg. von S. Hörlin, Nürnberg.
- Hars, A. (2014c):** Flotten selbstfahrender Elektrotaxis – Eine Szenarioanalyse, in: Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität, hrsg. von H. Proff, S. 615-632.
- Hevner, A.R. et al. (2004):** Design Science in Information Systems Research, in: MIS Quarterly, Volume 28, Nr. 1, S. 75-105.
- Hose, C. et al. (2015):** Einführung von Elektromobilität in Deutschland – Eine Bestandsaufnahme von Barrieren und Lösungsansätzen, Arbeitspapier der FOM, Nr. 53, Essen.
- Jaeger-Erben, M., Matthies, E. (2014):** Urbanisierung und Nachhaltigkeit – Umweltpsychologische Perspektiven auf Ansatzpunkte, Potentiale und Herausforderungen für eine nachhaltige Stadtentwicklung, in: Umweltpsychologie, 18. Jahrgang, Heft 2, S. 10-30.
- Kampker, A., Deuskens, C., Nee, C. (2013):** Produktion von Elektrofahrzeugen, in: Elektromobilität – Grundlagen einer Zukunftstechnologie, hrsg. von A. Kampker, D. Vallée, A. Schnettler, S. 46-58.
- Kriener, M., Simons, K. (2017):** Driving the Energy Transition: Wie Elektromobilität die Energiewende unterstützen kann, WWF Deutschland und Lichtblick SE.
- Kuhnert, F. et al. (2015):** Connected Car Study 2015 – Racing ahead with autonomous cars and digital innovation.
- Markus, F., Richter, F.J. (2016):** Globalisierung – Urbanisierung – Transport – Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Zeitalter der Digitalisierung, in: Zeitbild Wissen, 58. Jahrgang, Berlin.
- Markus, M.L., Majchrzak, A., Gasser, L. (2002):** A Design Theory for Systems That Support Emergent Knowledge Process, in: MIS Quarterly, Volume 26, Nr. 3, S. 179-212.

- Nykvist, B., Nilsson, M. (2015):** Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles, Arbeitspapier, Stockholm Environment Institute, KTH Royal Institute of Technology.
- Plötz, P. et al. (2013):** Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge, Studie im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der nationalen Plattform Elektromobilität (NPE), Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- Probst, A. (2014):** Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung, Dissertation, Universität Stuttgart.
- Recker, J. (2013):** Scientific Research in Information Systems – A Beginner’s Guide, Springer.
- Runte, M. (1999):** Missing Values – Konzepte und statistische Literatur, Arbeitspapier, Universität Kiel.
- Schnell, R. (1986):** Missing-Data-Probleme in der empirischen Sozialforschung, Bochum.
- Shaheen, S.A., Guzman, S., Zhang, H. (2010):** Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia – Past, Present, and Future, in: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2143, Washington, S. 159-167.
- Stampfl, N.S. (2011):** Wir-Ökonomie: Die Macht des Teilens, f/21 Büro für Zukunftsfragen, Berlin.
- Weitzman, M. (1984):** The share economy: Conquering stagflation, Harvard University Press.
- Wermuth, M. et al. (2003):** Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland – KiD 2002, Schlussbericht Band 1, Projekt-Nr. 70.0682.2001, Braunschweig.
- Wolter, F., Scherf, C. (2016):** Elektromobilität in Asien – Überblick, Beispiele, Lösungsansätze, Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin.

Elektronische Quellen

ADAC (2017a): ADAC Autodatenbank,
<https://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokosten/suchergebnis.aspx>,
abgerufen am: 01.09.2016.

ADAC (2017b): Jährliche Durchschnittspreise Kraftstoffe seit 1950,
<https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/kraftstoffpreise/kraftstoff-durchschnittspreise/>,
abgerufen am: 07.08.2017.

APCOA (2013): APCOA Parking Studie: Die Parkplatz-Suche verschlingt viel Zeit und Geld,
<http://www.apcoa.de/nachrichten/artikel/apcoa-parking-studie-die-parkplatz-suche-verschlingt-viel-zeit-und-geld.html>,
abgerufen am: 25.07.2017.

Apple (2017): car2go,
<https://itunes.apple.com/de/app/car2go/id514921710?mt=8>,
abgerufen am: 01.07.2017.

Auto Bild (2015): Besser als ein Mietwagen?,
<http://www.autobild.de/artikel/car2go-black-5653966.html>,
abgerufen am: 29.07.2017.

Autogazette (2014): «Wir reden bereits von der digitalen Karte 3.0»,
<http://www.autogazette.de/hellmis/here/autonom/wir-reden-bereits-von-der-digitalen-karte-3-0-499136.html>,
abgerufen am: 10.07.2017.

Automobilwoche (2015): Vernetzung: Nokia Here geht an deutsche Autokonzerne,
<http://www.automobilwoche.de/article/20150803/AGENTURMELDUNGEN/308039994/1334/vernetzung-nokia-here-geht-an-deutsche-autokonzerne#.Vb8cN037670>,
abgerufen am: 10.07.2017.

Baden Online (2017): Das Elektroauto wird zum Stromspeicher auf vier Rädern,
<https://www.bo.de/lokales/ortenau/das-elektroauto-wird-zum-stromspeicher-auf-vier-raedern>,
abgerufen am: 31.07.2017.

BBSR (2015): Laufende Stadtbeobachtung – Raumabgrenzungen,
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp_node.html,
abgerufen am: 01.08.2017.

BDEW (2015): Strompreisanalyse März 2015,
[https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9D1CF269C1282487C1257E22002BC8DD/\\$file/150409%20BDEW%20zum%20Strompreis%20der%20Haushalte%20Anhang.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9D1CF269C1282487C1257E22002BC8DD/$file/150409%20BDEW%20zum%20Strompreis%20der%20Haushalte%20Anhang.pdf),
abgerufen am: 07.08.2017.

BDEW (2017): BDEW-Erhebung Elektromobilität,
<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de>,
abgerufen am: 24.07.2017.

BMF (2000): AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle „AV“),
goo.gl/PJxds6,
abgerufen am: 17.08.2017.

BMUB (2009): Die EU-Verordnung zur Verminderung der CO₂-Emissionen von
Personenkraftwagen,
goo.gl/6Gdakh,
abgerufen am: 24.07.2017.

BMUB (2017): Endbericht zum Vorhaben FKZ UM 11 96 107,
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_um_11_96_107_elektromobilitaet_bf.pdf,
abgerufen am: 24.07.2017.

BMZ (2014): Perspektiven der Urbanisierung – Städte nachhaltig gestalten,
http://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/reihen/infobroschueren_flyer/infobroschuere_n/Materialie237_Informationsbroschuere_03_2014.pdf,
abgerufen am: 25.07.2017.

BMZ (2016): Urbane Mobilität – Strategien für lebenswerte Städte,
https://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/reihen/infobroschueren_flyer/infobroschuere_n/Materialie285_urbane_mobilitaet.pdf,
abgerufen am: 25.07.2016.

Bosch (2017): Community-based Parking,
<http://www.bosch-mobility-solutions.de/de/highlights/vernetzte-mobilit%C3%A4t/community-based-parking/>,
abgerufen am: 11.07.2017.

Bundesregierung (2017): Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität,
https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/podcast/_node.html,
abgerufen am: 25.07.2017.

Bundestag (2015): Leitlinien der Bundesregierung zur internationalen Zusammenarbeit für nachhaltige Urbanisierung – Partner in einer Welt der Städte,
<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/049/1804924.pdf>,
abgerufen am: 25.07.2017.

Bundesverband CarSharing (2017): Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland,
<https://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland>,
abgerufen am: 22.07.2017.

Capital (2014): Sharing Economy wird zur Wirtschaftsmacht,
<http://www.capital.de/meinungen/sharing-economy-information-veraendert-organisation.html>,
abgerufen am: 22.07.2017.

car2go (2016): car2go bietet ab Sommer in Berlin Mercedes-Benz Fahrzeuge an,
https://www.car2go.com/media/data/germany/microsite-press/files/20160531_presse-information_car2go_bietet_mercedes-benz_fahrzeuge_an.pdf,
abgerufen am: 23.07.2017.

car2go (2017a): Geschäftsgebiet Hamburg,
https://www.car2go.com/media/data/germany/hamburg/files/c2g_home_area_hamburg.pdf,
abgerufen am: 22.07.2017.

car2go (2017b): Gewusst? Was ist eine „Relocation“ und welche car2gos werden umgeparkt?,
<https://blog.car2go.com/de/2017/06/14/gewusst-ist-eine-relocation-und-welche-car2gos-werden-umgeparkt/>,
abgerufen am: 23.07.2017.

CASTON (2016): Autonomes Fahren – Haftung,
http://caston.info/fileadmin/herfurth/compact/CC-368_Autonomes_Fahren_-_Haftung.pdf,
abgerufen am: 21.07.2017.

CDU/CSU (2013): Mehr Parkplätze für Car-Sharing-Fahrzeuge in der Innenstadt,
<https://www.cducsu.de/presse/pressemitteilungen/mehr-parkplaetze-fuer-car-sharing-fahrzeuge-der-innenstadt>,
abgerufen am: 22.07.2017.

civity (2017): Urbane Mobilität im Umbruch,
<http://matters.civity.de/>,
abgerufen am: 23.07.2017.

DAT (2016): DAT Report 2016,
<https://www.dat.de/fileadmin/media/download/DAT-Report/DAT-Report-2016.pdf>,
abgerufen am: 10.08.2017.

Design Science Research (2004): Design Science Research in Information Systems,
<http://desrist.org/desrist/content/design-science-research-in-information-systems.pdf>,
abgerufen am: 04.08.2017.

Daimler (2016): smart forfour electric drive; Exterieur: schwarz; Interieur: schwarz,
goo.gl/LDi12g,
abgerufen am: 24.07.2017.

Daimler (2017a): CASE,
<https://www.daimler.com/innovation/specials/elektromobilitaet/case.html>,
abgerufen am: 09.09.2017.

Daimler (2017b): Innovatives On-Demand Ride-Sharing-Angebot startet in Europa: Mercedes-Benz Vans gründet Joint Venture mit US-Startup Via, goo.gl/xBo3mY,
abgerufen am: 09.09.2017.

Deutsche Bahn (2017): Mehr als Zukunftsmusik – Autonom fahrende Shuttle Busse im Test, http://www.deutschebahn.com/de/konzern/im_blickpunkt/12924696/20161216_autonomes_fahren.html,
abgerufen am: 29.07.2017.

Die Welt (2016): Nach der Energiewende bitte keine Verkehrswende!, <https://www.welt.de/debatte/kommentare/article158787477/Nach-der-Energiewende-bitte-keine-Verkehrswende.html>,
abgerufen am: 25.07.2017.

Electrive (2015): Total Cost of Ownership Analyse für Elektrofahrzeuge, <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2015/03/P3-TCO-Analyse-Elektrofahrzeuge-2018.pdf>,
abgerufen am: 17.08.2017.

Entsorgung Punkt DE (2014): Blechlawinen in der Schrottpresse, <http://www.entsorgung.de/pdf/autoverschrottung-infografik.pdf>,
abgerufen am: 11.09.2017.

European Environment Agency (2016): Electric Vehicles in Europe, <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe>,
abgerufen am: 24.07.2017.

European Parking Association (2013): Scope of Parking in Europe, http://www.europeanparking.eu/media/1180/epa_data_collection_rev.pdf,
abgerufen am: 06.09.2017.

GDV (2017): Entwicklung der durchschnittlichen Jahresprämie, <http://www.gdv.de/zahlen-fakten/kfz-versicherung/ueberblick/#entwicklung-der-durchschnittlichen-jahrespraemie>,
abgerufen am: 10.08.2017.

Gründerszene (2016): Daimler hat sich entschieden: Selbstfahrende Autos sollen zuerst Fahrer schützen, <https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/daimler-selbstfahrende-autos-unfall-schuetzen>,
abgerufen am: 22.07.2017.

Heise Online (2011): Elektroauto im Kostenvergleich: Doppelt so teuer wie ein Benziner, <https://www.heise.de/autos/artikel/Elektroauto-im-Kostenvergleich-doppelt-so-teuer-wie-ein-Benziner-1198426.html?artikelseite=2>,
abgerufen am: 24.07.2017.

HERE (2017): A high-definition map image of a motorway in Michigan,
<https://here.com/en/company/newsroom/media-assets>,
abgerufen am: 10.07.2017.

HNA (2016): Über die Neuerfindung der Mobilität und die Rolle von VW,
<https://www.hna.de/politik/interview-vw-chefstrategie-johann-jungwirth-selbstfahrende-autos-6399729.html>,
abgerufen am: 11.09.2017.

InnoZ (2017): Pilot EUREF-Campus: Autonomer Kleinbus Shuttle,
<https://www.innoz.de/de/pilot-euref-campus-autonomer-kleinbus-shuttle>,
abgerufen am: 29.07.2017.

International Energy Agency (2010): Energy Technology Perspectives,
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf>,
abgerufen am: 24.07.2017.

Inventivio (2014): Autonomous Cars: Breakthrough for electric vehicles,
<http://www.inventivio.com/innovationbriefs/2014-02/Autonomous-Cars-Breakthrough-Electric-Vehicles.pdf>,
abgerufen am: 29.07.2017.

Kraftfahrt-Bundesamt (2008): Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Dezember 2008 nach Segmenten und Modellreihen,
https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2008_monatlich/FZ11/fz11_2008_12_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=6,
abgerufen am: 01.09.2016.

Kraftfahrt-Bundesamt (2016): Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Dezember 2016 nach Segmenten und Modellreihen,
http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2016_monatlich/FZ11/fz11_2016_12_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2,
abgerufen am: 05.08.2017.

Kraftfahrt-Bundesamt (2017a): Bestand an Pkw am 1. Januar nach ausgewählten Kraftstoffarten,
https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2017_b_umwelt_dusl.html?nn=663524,
abgerufen am: 25.07.2017.

Kraftfahrt-Bundesamt (2017b): Bestand in den Jahren 1960 bis 2017 nach Fahrzeugklassen,
https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/b_fzkl_zeitreihe.html,
abgerufen am: 14.08.2017.

Kraftfahrt-Bundesamt (2017c): Bestand an Pkw in den Jahren 2008 bis 2017 nach ausgewählten Kraftstoffarten,
https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/b_umwelt_z.html?nn=663524,
abgerufen am: 14.09.2017.

Mercedes-Benz (2012): Der Vito E-CELL.,
<http://bit.ly/2fpBx8J>,
abgerufen am: 08.08.2017.

Mercedes-Benz (2014): Induktives Laden in einer Testflotte mit dem Mercedes-Benz S 500 Plug-in-Hybrid,
<http://blog.mercedes-benz-passion.com/2014/07/induktives-laden-s-500-plug-in-hybrid-unplugged/>,
abgerufen am: 24.07.2017.

Mercedes-Benz (2015): Mercedes-Benz „Concept IAA“: digitaler Transformer.,
<https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/design/konzeptfahrzeuge/concept-iaa-intelligent-aerodynamic-automobile/>,
abgerufen am: 12.07.2017.

Mercedes-Benz (2017a): Carl Benz.,
<https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/classic/historie/carl-benz/>,
abgerufen am: 17.07.2017.

Mercedes-Benz (2017b): Der Mercedes-Benz F 015 Luxury in Motion.,
<https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/innovation/forschungsfahrzeug-f-015-luxury-in-motion/>,
abgerufen am: 17.07.2017.

Mercedes-Benz (2017c): Mercedes-Benz Energiespeicher Home.,
<https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz-energy/mercedes-benz-energiespeicher-home-usa/>,
abgerufen am: 31.07.2017.

Mercedes-Benz Passion (2012): Ich sehe was, was du nicht siehst: Autos knüpfen ihr erstes „Soziales Netzwerk“,
<http://blog.mercedes-benz-passion.com/2012/08/ich-sehe-was-was-du-nicht-siehst-autos-knupfen-ihr-erstes-soziales-netzwerk/>,
abgerufen am: 11.07.2017.

Mobilität in Deutschland (2008a): Mobilität in Deutschland,
<http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/mid2008-publikationen.html>,
abgerufen am: 04.08.2017.

Mobilität in Deutschland (2008b): Mobilität in Deutschland 2008 – Ergebnisbericht,
http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_MiD2008_Abschlussbericht_I.pdf,
abgerufen am: 04.08.2017.

Mobilität in Deutschland (2008c): Mobilität in Deutschland 2008 – Methodenbericht,
http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Methodenbericht_I.pdf,
abgerufen am: 05.08.2017.

Mobilität in Deutschland (2008d): Mobilität in Deutschland 2008 – Variablenübersicht,
http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/3_Variablenuebersicht.zip,
abgerufen am: 05.08.2017.

Mobilität in Deutschland (2008e): Mobilität in Deutschland 2008 – Tabellenband,
http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Tabellenband.pdf,
abgerufen am: 05.08.2017.

Nationale Plattform Elektromobilität (2015): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland,
goo.gl/7eUpGC,
abgerufen am: 24.07.2017.

Polarixpartner (2017): Smart Driving into the Future: Die Vernetzung als Motor der Zukunft.,
<http://www.polarixpartner.com/wissen-details/smart-driving-into-the-future-die-vernetzung-als-motor-der-zukunft.html>,
abgerufen am: 12.07.2017.

Smart 2.0 (2017): Cohda Wireless trials vehicle-to-pedestrian (V2P) technology on city streets,
<http://www.smart2zero.com/news/cohda-wireless-trials-vehicle-pedestrian-v2p-technology-city-streets>,
abgerufen am: 28.07.2017.

Spiegel Online (2009): Statistik-Trick in der Autoindustrie – Mächtig gerechnet,
<http://www.spiegel.de/wirtschaft/statistik-trick-in-der-autoindustrie-maechtig-gerechnet-a-625945.html>,
abgerufen am: 14.09.2017.

Spiegel Online (2013): Modellzyklen der Autohersteller – Eine Industrie kommt auf Speed,
<http://www.spiegel.de/auto/aktuell/warum-lange-entwicklungszyklen-fuer-autohersteller-zum-problem-werden-a-881990.html>,
abgerufen am: 12.07.2017.

Spiegel Online (2014): Mehr Ladestationen für Elektroautos – Jetzt aber schnell,
<http://www.spiegel.de/auto/aktuell/schnellladesaeulen-fuer-elektroautos-ausbau-der-infrastruktur-a-962595.html>,
abgerufen am: 24.07.2017.

Statistisches Bundesamt (2008): Ergebnis - 42111-0004,
<https://goo.gl/vgeZvh>,
abgerufen am: 14.09.2017.

Statistisches Bundesamt (2017): Erwerbstätigenrechnung,
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Arbeitsmarkt/Erwerbstae-tigkeit/TabellenErwerbstaetigenrechnung/InlaenderInlandskonzept.html>,
abgerufen am: 14.09.2017.

United Nations (2014): World Urbanization Prospects,
<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>,
abgerufen am: 25.07.2017.

VAN2SHARE (2017): VIRTUAL FLEET – Mehr Auslastung ohne zusätzliche Belastung.,
<http://van2share.net/p/virtual-fleet/>,
abgerufen am: 22.07.2017.

VDA (2015): Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren,
<https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html>,
abgerufen am: 10.07.2017.

VDA (2017a): Automobilproduktion,
<https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html>,
abgerufen am: 11.09.2017.

VDA (2017b): Export,
<https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/export.html>,
abgerufen am: 11.09.2017.

Visiongain (2014): Top 20 Connected Car Companies 2014,
https://www.visiongain.com/report_license.aspx?rid=1224,
abgerufen am: 07.07.2017.

Visions New Mobility (2017): One2One Sajjad Khan,
<http://visions.newmobility.global/0617/sajjad-khan-daimler>,
abgerufen am: 11.07.2017.

Wirtschaftswoche (2016): Hyperloop und DB Regio bauen Zug der Zukunft,
<http://www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/deutsche-bahn-hyperloop-und-db-regio-bauen-zug-der-zukunft/13953932.html>,
abgerufen am: 17.09.2017.

Zeit Online (2012): Heißer Kampf um die spontanen Kurzzeitmieter,
<http://www.zeit.de/auto/2012-07/carsharing-berlin>,
abgerufen am: 23.07.2017.

Zoll (2017): Steuervergünstigungen für reine Elektrofahrzeuge,
http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrssteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuervergünstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge_node.html,
abgerufen am: 08.08.2017.

Datensätze

Mobilität in Deutschland (2008): Bundesweite Befragung zum alltäglichen Verkehrsverhalten der deutschen Einwohner im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Erhältlich auf Anfrage bei: Clearingstelle des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008): Differenzierte Volkszählung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Stand: 31.12.2008).

Erhältlich auf Anfrage bei: Antonia Milbert, Referat I 6, Stadt-, Umwelt- und Raumbeobachtung.

Anhang

Pkw-Segmenteinteilung nach KBA 2008												
	Minis	Kleinwagen	Kompaktklasse	Mitteklasse	Obere Mittelklasse	Oberklasse	Geländewagen	Sportwagen	Mini-Vans	Großraum-Vans	Utilities	Wohnmobile
Platz eins: Modellname und Anzahl der Neuzulassungen	Smart Fortwo 33.766	VW Polo 71.952	VW Golf, Jetta* 231.292	Audi A4, S4* 98.714	Audi A6, S6* 45.304	Mercedes-Benz S-Klasse 8.077	VW Tiguan 35.538	Audi TT 10.630	Mercedes-Benz B-Klasse 47.880	VW Touran 57.324	VW Transporter, Caravelle* 37.375	Fiat Ducato 10.832
Platz zwei: Modellname und Anzahl der Neuzulassungen	Renault Twingo 22.151	Opel Corsa 67.614	Opel Astra 76.069	Mercedes-Benz C-Klasse 98.145	BMW 5er 44.418	Audi A8, S8* 4.446	BMW X3 18.486	Mercedes-Benz SLK 9.815	Opel Meriva 30.657	Opel Zafira 30.547	VW Caddy 31.519	Ford Transit, Tourneo* 4.633
Platz drei: Modellname und Anzahl der Neuzulassungen	Fiat 500 18.173	Skoda Fabia 56.748	BMW 1er 75.621	VW Passat 94.523	Mercedes-Benz E-Klasse 43.112	BMW 7er 4.226	BMW X5 16.416	Porsche 911 8.054	Seat Altea, Toledo, Leon* 19.765	Ford S-Max 13.850	Renault Kangoo 10.715	Renault Master, Nissan Interstar 4.633

* Produktgruppen werden stellvertretend durch erstgenannte Modelle repräsentiert.

Anhang 1: Top drei der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland 2008 nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kraftfahrt-Bundesamt (2008).

Modellname	Modelltyp	Pkw-Motor	Pkw-Segmenteinteilung nach KBA	Grundpreis in Euro	Jährliche Kfz-Steuer in Euro ¹	CO ₂ -Ausstoß in Gramm/Kilometer	Kraftstoffverbrauch in Liter/100 Kilometer
Smart Fortwo	smart fortwo coupé 1.0 pure (07 - 08)	Otto	Minis	9.650	67	112	4,7
	smart fortwo coupé 0.8 cdi pure soflip (07 - 09)	Diesel	Minis	11.610	133	88	3,3
Renault Twingo	Renault Twingo 1.2 60 Authentique (08 - 10)	Otto	Minis	9.890	44	130	5,5
	Renault Twingo 1.5 dCi Expression (07 - 10)	Diesel	Minis	12.290	160	113	4,3
Fiat 500	Fiat 500 1.2 8V Pop (07 - 08)	Otto	Minis	10.900	87	119	5,1
	Fiat 500 1.3 JTD Multijet 16V Pop (07 - 08)	Diesel	Minis	12.900	200	111	4,2
VW Polo	VW Polo 1.2 Trendline (07 - 09)	Otto	Kleinwagen	12.880	81	138	5,8
	VW Polo 1.4 TDI Trendline (05 - 09)	Diesel	Kleinwagen	14.450	249	119	4,5
Opel Corsa	Opel Corsa 1.0 Twinport (06 - 08)	Otto	Kleinwagen	11.420	67	134	5,6
	Opel Corsa 1.3 CDTi ecoFlex CO ₂ -Paket (Bj. 08)	Diesel	Kleinwagen	14.550	200	109	4,1
Scoda Fabia	Skoda Fabia 1.2 HTP (07 - 10)	Otto	Kleinwagen	10.320	64	140	5,9
	Skoda Fabia 1.4 TDI (07 - 10)	Diesel	Kleinwagen	13.220	174	127	4,8
VW Golf	VW Golf 1.4 Trendline (06 - 08)	Otto	Kompaktklasse	16.300	94	164	6,9
	VW Golf 2.0 SDI Trendline (04 - 08)	Diesel	Kompaktklasse	17.900	332	143	5,4
Opel Astra	Opel Astra 1.4 Twinport (07 - 08)	Otto	Kompaktklasse	16.925	94	146	6,1
	Opel Astra 1.3 CDTi Selection 110 Jahre Easytronic (08 - 09)	Diesel	Kompaktklasse	20.160	159	138	5,2
BMW 1er	BMW 116i (07 - 09)	Otto	Kompaktklasse	21.650	108	139	5,8
	BMW 118d (07 - 08)	Diesel	Kompaktklasse	24.850	308	119	4,5
Audi A4	Audi A4 1.8 TFSI Attraction (Bj. 08)	Otto	Mittelklasse	25.900	121	169	7,1
	Audi A4 2.0 TDI Attraction (Bj. 08)	Diesel	Mittelklasse	28.500	308	134	5,1
Mercedes-Benz C-Klasse	Mercedes C 180 Kompressor BlueEFFICIENCY Classic (08 - 09)	Otto	Mittelklasse	30.613	108	155	6,5
	Mercedes C 200 CDI Classic (07 - 09)	Diesel	Mittelklasse	33.707	267	149	5,7
VW Passat	VW Passat 1.6 Trendline (05 - 10)	Otto	Mittelklasse	23.525	150	179	7,6
	VW Passat 1.9 TDI Trendline (05 - 08)	Diesel	Mittelklasse	25.450	316	148	5,6
Audi A6	Audi A6 2.0 TFSI (07 - 08)	Otto	Obere Mittelklasse	34.000	135	187	7,9
	Audi A6 2.0 TDI (06 - 08)	Diesel	Obere Mittelklasse	35.000	308	169	6,3
BMW 5er	BMW 520i (07 - 10)	Otto	Obere Mittelklasse	36.800	124	162	6,7
	BMW 520d (07 - 08)	Diesel	Obere Mittelklasse	38.200	308	136	5,1
Mercedes-Benz E-Klasse	Mercedes E 200 Kompressor Classic (06 - 09)	Otto	Obere Mittelklasse	39.092	121	195	8,2
	Mercedes E 200 CDI Classic (06 - 09)	Diesel	Obere Mittelklasse	38.318	339	160	6,1
Mercedes-Benz S-Klasse	Mercedes S 350 7G-TRONIC (05 - 09)	Otto	Oberklasse	75.506	236	242	10,1
	Mercedes S 320 CDI 7G-TRONIC (05 - 08)	Diesel	Oberklasse	70.865	463	220	8,3
Audi A8	Audi A8 2.8 FSI e multitronic (07 - 09)	Otto	Oberklasse	64.300	214	199	8,3
	Audi A8 3.0 TDI quattro tiptronic (07 - 09)	Diesel	Oberklasse	69.600	493	224	8,4
BMW 7er	BMW 730i Automatic (05 - 08)	Otto	Oberklasse	66.200	202	241	10,1
	BMW 730d Automatic (07 - 08)	Diesel	Oberklasse	66.500	463	210	7,9
VW Tiguan	VW Tiguan 1.4 TSI Trend & Fun 4MOTION (07 - 08)	Otto	Geländewagen	27.200	94	199	8,4
	VW Tiguan 2.0 TDI Trend & Fun 4MOTION (07 - 09)	Diesel	Geländewagen	29.300	308	167	6,4
BMW X3	BMW X3 2.0i (07 - 08)	Otto	Geländewagen	34.900	135	215	9,0
	BMW X3 2.0d (07 - 08)	Diesel	Geländewagen	37.900	308	172	6,5
BMW X5	BMW X5 3.0si Automatic (07 - 08)	Otto	Geländewagen	51.900	202	244	10,2
	BMW X5 3.0d Automatic (07 - 08)	Diesel	Geländewagen	52.500	463	214	8,1
Audi TT	Audi TT Coupé 1.8 TFSI (Bj. 08)	Otto	Sportwagen	29.400	121	158	6,7
	Audi TT Coupé 2.0 TDI quattro (Bj. 08)	Diesel	Sportwagen	34.850	308	139	5,3
Mercedes-Benz SLK*	Mercedes SLK 200 Kompressor (08 - 10)	Otto	Sportwagen	38.110	160	182	7,7
	-	Diesel	Sportwagen	-	-	-	-
Porsche 911*	Porsche 911 Carrera Coupé (08 - 11)	Otto	Sportwagen	85.538	318	242	10,3
	-	Diesel	Sportwagen	-	-	-	-
Mercedes-Benz B-Klasse	Mercedes B 150 (08 - 09)	Otto	Mini-Vans	23.443	101	158	6,6
	Mercedes B 180 CDI (08 - 10)	Diesel	Mini-Vans	27.787	222	136	5,2
Opel Meriva	Opel Meriva 1.4 Twinport Edition (07 - 08)	Otto	Mini-Vans	17.620	94	154	6,4
	Opel Meriva 1.3 CDTi ecoFlex (07 - 08)	Diesel	Mini-Vans	17.590	200	135	5,0
Seat Altea	SEAT Altea 1.6 Reference (04 - 09)	Otto	Mini-Vans	17.990	108	182	7,6
	SEAT Altea 1.9 TDI Reference (06 - 09)	Diesel	Mini-Vans	20.790	293	145	5,4
VW Touran	VW Touran 1.6 Conceptline (06 - 10)	Otto	Großraum-Vans	21.550	178	193	8,1
	VW Touran 1.9 TDI Conceptline (06 - 10)	Diesel	Großraum-Vans	22.650	273	155	5,9
Opel Zafira	Opel Zafira 1.6 (Bj. 08)	Otto	Großraum-Vans	21.210	108	169	7,1
	Opel Zafira 1.7 CDTi (Bj. 08)	Diesel	Großraum-Vans	23.720	262	152	5,7
Ford S-Max	Ford S-MAX 2.0 Trend (06 - 09)	Otto	Großraum-Vans	27.900	188	194	8,1
	Ford S-MAX 2.0 TDCi DPF Trend (07 - 10)	Diesel	Großraum-Vans	29.650	268	159	6,0
VW Transporter	VW T5 Transporter Kombi 2.0 kurz (04 - 09)	Otto	Utilities	28.161	306	253	10,5
	VW T5 Transporter Kombi 1.9 TDI kurz (06 - 09)	Diesel	Utilities	27.911	385	211	8,0
VW Caddy	VW Caddy Kombi 1.4 (06 - 10)	Otto	Utilities	16.678	164	188	7,9
	VW Caddy Kombi 1.9 TDI (05 - 10)	Diesel	Utilities	17.785	279	158	6,0
Renault Kangoo	Renault Kangoo 1.6 16V 105 Expression (08 - 10)	Otto	Utilities	16.750	174	191	7,9
	Renault Kangoo dCi 70 Authentique (08 - 10)	Diesel	Utilities	15.950	196	138	5,2
Fiat Ducato* **	-	Otto	Wohnmobile	-	-	-	-
	Fiat Ducato Kombi 30 115 Multijet kurz (11 - 14)	Diesel	Wohnmobile	28.691	332	166	6,4
Ford Transit*	-	Otto	Wohnmobile	-	-	-	-
	Ford Transit Kombi FT 280 2.2 TDCi kurz (06 - 11)	Diesel	Wohnmobile	29.096	385	195	7,4
Renault Master*	-	Otto	Wohnmobile	-	-	-	-
	Renault Master Conbi 2.5 dCi Normaklach kurz vollverglast (9-Sitzer) 2.8t (06 - 10)	Diesel	Wohnmobile	29.226	487	230	8,7

¹ Bezogen auf den Stichtag 1. September 2016 auf Grund mangelnder Datenlage für das Jahr 2008.

* Modell ist nur mit einer Motorenart gelistet.

** Verwendung eines neueren Modells auf Grund fehlender Daten in der ADAC Autodatenbank.

Anhang 2: Kennzahlen der Top drei der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a).

Modellname	Pkw-Segmenteinteilung nach KBA	Modelltyp	Stromverbrauch in kWh/100 Kilometer	Stromkosten in Euro/Kilometer
Smart Fortwo	Minis	smart fortwo coupé electric drive (mit Batteriemiete) (Bj. 15)	15,1	0,033
BMW i3	Kleinwagen	BMW i3 (inkl. Range Extender) (60 Ah)	13,5	0,029
VW Golf	Kompaktklasse	VW e-Golf	12,7	0,027
Mercedes-Benz C-Klasse	Mittelklasse	Mercedes C 350 e Avantgarde 7G-TRONIC PLUS	11,3	0,024
Mercedes-Benz S-Klasse	Oberklasse	Mercedes S 500 e lang 7G-TRONIC PLUS	13,5	0,029
Mercedes-Benz Vito E-CELL	Wohnmobile	Mercedes-Benz Vito E-CELL	25,2	0,055

Anhang 3: Stromkosten der repräsentativen Elektro- und Hybridfahrzeuge

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a) und Mercedes-Benz (2012).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Verteilung der Einwohner Deutschlands in 2008	Prozentuale Verteilung der Einwohner Deutschlands in 2008
Große Kern- und Großstädte	13.137.616	16,02
Kleinere Kern- und Großstädte	12.319.890	15,02
Größere Mittelstädte	7.179.175	8,75
Kleinere Mittelstädte	15.227.874	18,57
Kleinstädte	11.951.860	14,58
Große und kleine ländliche Gemeinden	22.185.941	27,06
<i>Total</i>	82.002.356	100

Anhang 4: Verteilung der Einwohner Deutschlands nach Stadt- und Gemeindetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges	Prozentuale Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges
Große Kern- und Großstädte	9.369	15,43
Kleinere Kern- und Großstädte	8.388	13,82
Größere Mittelstädte	4.956	8,16
Kleinere Mittelstädte	12.452	20,51
Kleinstädte	7.451	12,27
Große und kleine ländliche Gemeinden	18.097	29,81
<i>Total</i>	60.713	100

Anhang 5: Verteilung des MiD-2008-Befragungsumfanges nach Stadt- und Gemeindetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Verteilung des Fahrzeugbestandes der MID-2008-Befragten	Prozentuale Verteilung des Fahrzeugbestandes der MID-2008-Befragten	Verteilung des Fahrzeugbestandes der Einwohner Deutschlands in 2008*
Große Kern- und Großstädte	4.573	13,22	5.442.981
Kleinere Kern- und Großstädte	4.549	13,15	5.414.415
Größere Mittelstädte	2.911	8,41	3.464.797
Kleinere Mittelstädte	7.232	20,90	8.607.837
Kleinstädte	4.417	12,77	5.257.303
Große und kleine ländliche Gemeinden	10.919	31,56	12.996.262
<i>Total</i>	34.601	100	41.183.594

* Verteilung basiert auf der Stichprobenverteilung (Grundgesamtheit entspricht dem Realbestand).

Anhang 6: Fahrzeugbestand der MID-Befragten und Einwohner Deutschlands in 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Pkw-Segmenteinteilung nach KBA	Verteilung der beobachteten Pkws	Verteilung der beobachteten Pkws prozentual
Minis	1.713	5,3
Kleinwagen	6.522	20,2
Kompaktklasse	9.561	29,6
Mittelklasse	6.799	21,1
Obere Mittelklasse	2.010	6,2
Oberklasse	131	0,4
Geländewagen	861	2,7
Sportwagen	331	1,0
Mini-Vans	1.247	3,9
Großraum-Vans	1.699	5,3
Utilities	1.252	3,9
Wohnmobile	142	0,4
<i>Total*</i>	32.268	100

* 2.333 Missing Values sind nicht aufgeführt.

Anhang 7: Fahrzeugbestand der MID-Befragten nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Pkw-Segmenteinteilung nach KBA	Verteilung der beobachteten Fahrzeuge	Belegte Sitzplätze
Minis	1.004	1,34
Kleinwagen	3.985	1,39
Kompaktklasse	5.878	1,51
Mittelklasse	4.320	1,57
Obere Mittelklasse	1.225	1,59
Oberklasse	68	1,48
Geländewagen	526	1,53
Sportwagen	145	1,32
Mini-Vans	857	1,61
Großraum-Vans	1.199	1,86
Utilities	655	1,71
Wohnmobile	23	1,33
<i>Total*</i>	19.885	1,52

* Für 13.538 Fahrzeuge wurde am Stichtag keine Nutzung angegeben (hinzukommen 1.178 Missing Values).

Anhang 8: Fahrzeugbesetzungsgrad der MID-Fahrzeuge nach Fahrzeugsegment

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Pkw-Segmenteinteilung nach KBA	Fahrzeugkennzahlen			
	Grundpreis in Euro	Jährliche Kfz-Steuer in Euro	CO ₂ -Ausstoß in Gramm/Kilometer	Kraftstoffverbrauch in Liter/100 Kilometer
Minis	10.147	66,00	120	5,1
Kleinwagen	11.540	70,67	137	5,8
Kompaktklasse	18.292	98,67	150	6,3
Mittelklasse	26.679	126,33	168	7,1
Obere Mittelklasse	36.631	126,67	181	7,6
Oberklasse	68.669	217,33	227	9,5
Geländewagen	38.000	143,67	219	9,2
Sportwagen	51.016	199,67	194	8,2
Mini-Vans	19.684	101,00	165	6,9
Großraum-Vans	23.553	158,00	185	7,8
Utilities	20.530	214,67	211	8,8
Wohnmobile*	-	-	-	-

* Im Fahrzeugsegment Wohnmobile sind keine Modelle mit Ottomotor unter den Top drei der Pkw-Neuzulassungen vorhanden.

Anhang 9: Kennzahlen der repräsentativen Fahrzeugsegmente mit Ottomotor

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a).

Fahrzeugkennzahlen					
Pkw-Segmenteinteilung nach K BA	Grundpreis in Euro	Jährliche Kfz Steuer in Euro	CO ₂ -Ausstoß in Gramm/Kilometer	Kraftstoffverbrauch in Liter/100 Kilometer	Kraftstoffkosten in Euro/Kilometer
Minis	12.267	164,33	104	3,9	0,0521
Kleinwagen	14.073	207,67	118	4,5	0,0591
Kompaktklasse	20.970	266,33	133	5,0	0,0666
Mittelklasse	29.219	297,00	144	5,5	0,0724
Obere Mittelklasse	37.173	318,33	155	5,8	0,0772
Oberklasse	68.988	473,00	218	8,2	0,1086
Geländewagen	39.900	359,67	184	7,0	0,0927
Sportwagen*	34.850	308,00	139	5,3	0,0702
Mini-Vans	22.056	238,33	139	5,2	0,0688
Großraum-Vans	25.340	267,67	155	5,9	0,0777
Utilites	20.549	286,67	169	6,4	0,0847
Wohnmobile	29.004	401,33	197	7,5	0,0993

* Audi TT wird als repräsentatives Fahrzeug genommen, da Mercedes-Benz SLK und Porsche 911 nicht mit Dieselmotor gelistet sind.

Anhang 10: Kennzahlen der repräsentativen Fahrzeugsegmente mit Dieselmotor

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ADAC (2017a).

Pkw-Segmenteinteilung nach K BA	TCO in Euro/Kilometer	
	Otomotor ¹	Dieselmotor ²
Minis	0,30	0,19
Kleinwagen	0,33	0,21
Kompaktklasse	0,43	0,28
Mittelklasse	0,56	0,35
Obere Mittelklasse	0,71	0,41
Oberklasse	1,20	0,69
Geländewagen	0,75	0,45
Sportwagen	0,93	0,39
Mini-Vans	0,46	0,29
Großraum-Vans	0,53	0,32
Utilites	0,51	0,29
Wohnmobile*	-	0,38

* Im Fahrzeugsegment Wohnmobile sind keine Fahrzeuge mit Ottomotor unter den Top drei der Pkw-Neuzulassungen vorhanden.

¹ Die Jahresfahrleistung der repräsentativen Fahrzeuge beträgt 11.829 Kilometer.

² Die Jahresfahrleistung der repräsentativen Fahrzeuge beträgt 22.338 Kilometer.

Anhang 11: TCO der repräsentativen Fahrzeuge mit Otto- und Dieselmotor

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mobilität in Deutschland (2008e), ADAC (2017a), ADAC (2017b), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der MID-2008-Befragten ohne Weg am Stichtag	Anzahl der MID-2008-Befragten mit Weg am Stichtag und ohne CASE-Kriterium	Anzahl der MID-2008-Befragten mit Weg am Stichtag und mit CASE-Kriterium
Große Kern- und Großstädte	1.431	4.186	3.752
Kleinere Kern- und Großstädte	1.316	3.185	3.887
Größere Mittelstädte	740	1.780	2.436
Kleinere Mittelstädte	1.957	4.563	5.932
Kleinstädte	1.105	2.836	3.510

Anhang 12: MID-2008-Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der MID-2008-Befragten ohne Weg am Stichtag prozentual	Anzahl der MID-2008-Befragten mit Weg am Stichtag und ohne CASE-Kriterium prozentual	Anzahl der MID-2008-Befragten mit Weg am Stichtag und mit CASE-Kriterium prozentual
Große Kern- und Großstädte	15,27	44,68	40,05
Kleinere Kern- und Großstädte	15,69	37,97	46,34
Größere Mittelstädte	14,93	35,92	49,15
Kleinere Mittelstädte	15,72	36,64	47,64
Kleinstädte	14,83	38,06	47,11

Anhang 13: MID-2008-Stichprobe nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp prozentual

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der deutschen Einwohner ohne Weg am Stichtag	Anzahl der deutschen Einwohner mit Weg am Stichtag und ohne CASE-Kriterium	Anzahl der deutschen Einwohner mit Weg am Stichtag und mit CASE-Kriterium
Große Kern- und Großstädte	2.006.610	5.869.790	5.261.216
Kleinere Kern- und Großstädte*	1.932.877	4.677.974	5.709.038
Größere Mittelstädte	1.071.951	2.578.477	3.528.747
Kleinere Mittelstädte	2.393.266	5.580.211	7.254.397
Kleinstädte*	1.772.488	4.549.118	5.630.255

* Verteilung basiert auf der Stichprobenverteilung (Grundgesamtheit entspricht dem Realbestand).

** Abweichungen bei der Summe auf Grund von Rundung enthalten.

Anhang 14: Einwohner Deutschlands in 2008 nach Weg, CASE-Kriterium und Städtetyp

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Pkw-Segmenteinteilung des KBA													
BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Minis	Kleinwagen	Kompaktklasse	Mittelklasse	Obere Mittelklasse	Oberklasse	Geländewagen	Sportwagen	Mini-Vans	Großraum-Vans	Utilities	Wohnmobile	Total
Große Kern- und Großstädte	357	1.161	2.042	1.753	484	54	194	41	331	403	272	15	7.107
Kleinere Kern- und Großstädte	311	1.441	2.186	1.671	469	39	142	56	277	555	294	1	7.442
Größere Mittelstädte	202	896	1.180	926	306	13	147	12	244	338	160	1	4.425
Kleinere Mittelstädte	484	1.874	3.085	2.240	613	26	282	67	524	926	441	3	10.565
Kleinstädte	273	1.087	1.693	1.426	445	24	120	17	330	613	229	18	6.275
Total	1.627	6.459	10.186	8.016	2.317	156	885	193	1.706	2.835	1.396	38	35.814
Total prozentual	4,5	18,0	28,4	22,4	6,5	0,4	2,5	0,5	4,8	7,9	3,9	0,1	100

Anhang 15: Prozentuale Verteilung der Fahrten nach Fahrzeugsegment (CASE-Modell)
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Fahrzeugbewegungen verursacht durch 1-2 Personen prozentual	Fahrzeugbewegungen verursacht durch 3-5 Personen prozentual	Fahrzeugbewegungen verursacht durch 6-10 Personen prozentual
Große Kern- und Großstädte	93,05	6,83	0,12
Kleinere Kern- und Großstädte	92,27	7,69	0,05
Größere Mittelstädte	92,83	7,09	0,08
Kleinere Mittelstädte	93,36	6,57	0,07
Kleinstädte	93,19	6,66	0,15

Anhang 16: Fahrzeugbewegungen nach Personengruppen prozentual (CASE-Modell)
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Am Stichtag durchschnittliche verursachte Fahrzeugbewegungen je Befragten	Am Stichtag durchschnittliche verursachte Fahrzeugbewegungen je Befragten (Besetzungsgrad: 1-2 Personen)	Am Stichtag durchschnittliche verursachte Fahrzeugbewegungen je Befragten (Besetzungsgrad: 3-5 Personen)	Am Stichtag durchschnittliche verursachte Fahrzeugbewegungen je Befragten (Besetzungsgrad: 6-10 Personen)
Große Kern- und Großstädte	1,514	1,409	0,103	0,002
Kleinere Kern- und Großstädte	1,535	1,417	0,118	0,001
Größere Mittelstädte	1,473	1,367	0,104	0,001
Kleinere Mittelstädte	1,453	1,357	0,095	0,001
Kleinstädte	1,466	1,366	0,098	0,002

Anhang 17: Fahrzeugbewegungen je Befragten mit CASE-Kriterium (CASE-Modell)
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der beobachteten Fahrten	Fahrtenlänge in Kilometer
Große Kern- und Großstädte	8.207	9,76
Kleinere Kern- und Großstädte	8.600	9,18
Größere Mittelstädte	5.137	9,10
Kleinere Mittelstädte	12.000	9,44
Kleinstädte	7.148	9,69

Anhang 18: Fahrtenlänge (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der beobachteten Fahrten	Fahrtendauer in Minuten
Große Kern- und Großstädte	8.207	21,18
Kleinere Kern- und Großstädte	8.600	18,64
Größere Mittelstädte	5.137	18,36
Kleinere Mittelstädte	12.000	17,31
Kleinstädte	7.148	16,50

Anhang 19: Fahrtendauer (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der beobachteten Fahrten	Durchschnittsgeschwindigkeit in Kilometer pro Stunde
Große Kern- und Großstädte	8.207	27,7
Kleinere Kern- und Großstädte	8.600	29,5
Größere Mittelstädte	5.137	29,7
Kleinere Mittelstädte	12.000	32,7
Kleinstädte	7.148	35,2

Anhang 20: Durchschnittsgeschwindigkeit (CASE-Modell)

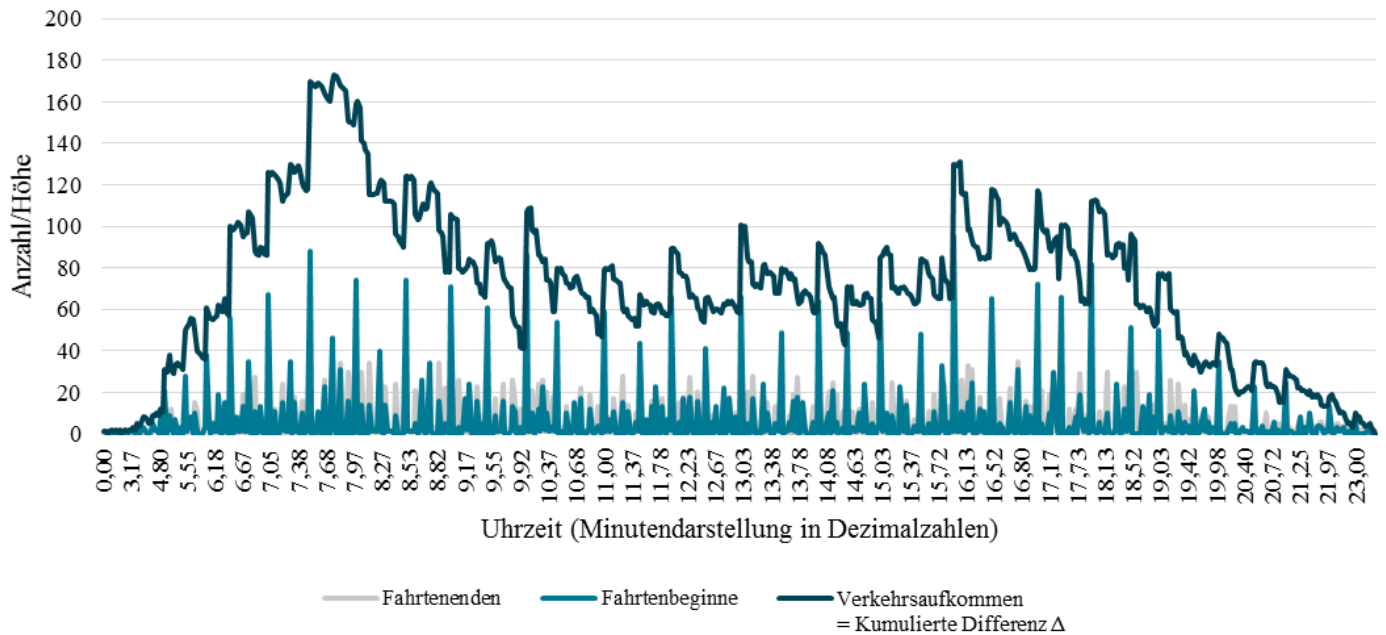
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Jährlich verursachte Strecken durch Fahrzeugbewegungen in Kilometer total	Jährlich verursachte Strecken durch Fahrzeugbewegungen mit 1-2 Personen in Kilometer	Jährlich verursachte Strecken durch Fahrzeugbewegungen mit 3-5 Personen in Kilometer	Jährlich verursachte Strecken durch Fahrzeugbewegungen mit 6-10 Personen in Kilometer
Große Kern- und Großstädte	28.462.199,922	26.484.788,046	1.943.336,666	34.075,210
Kleinere Kern- und Großstädte	29.446.367,275	27.169.093,364	2.263.392,130	13.881,781
Größere Mittelstädte	17.303.590,680	16.063.344,513	1.226.779,649	13.466,518
Kleinere Mittelstädte	36.415.618,135	33.999.336,938	2.392.585,049	23.696,148
Kleinstädte	29.254.947,969	27.261.793,428	1.948.909,255	44.245,285

Anhang 21: Jährlich verursachte Strecken durch Fahrzeugbewegungen (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008).

Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

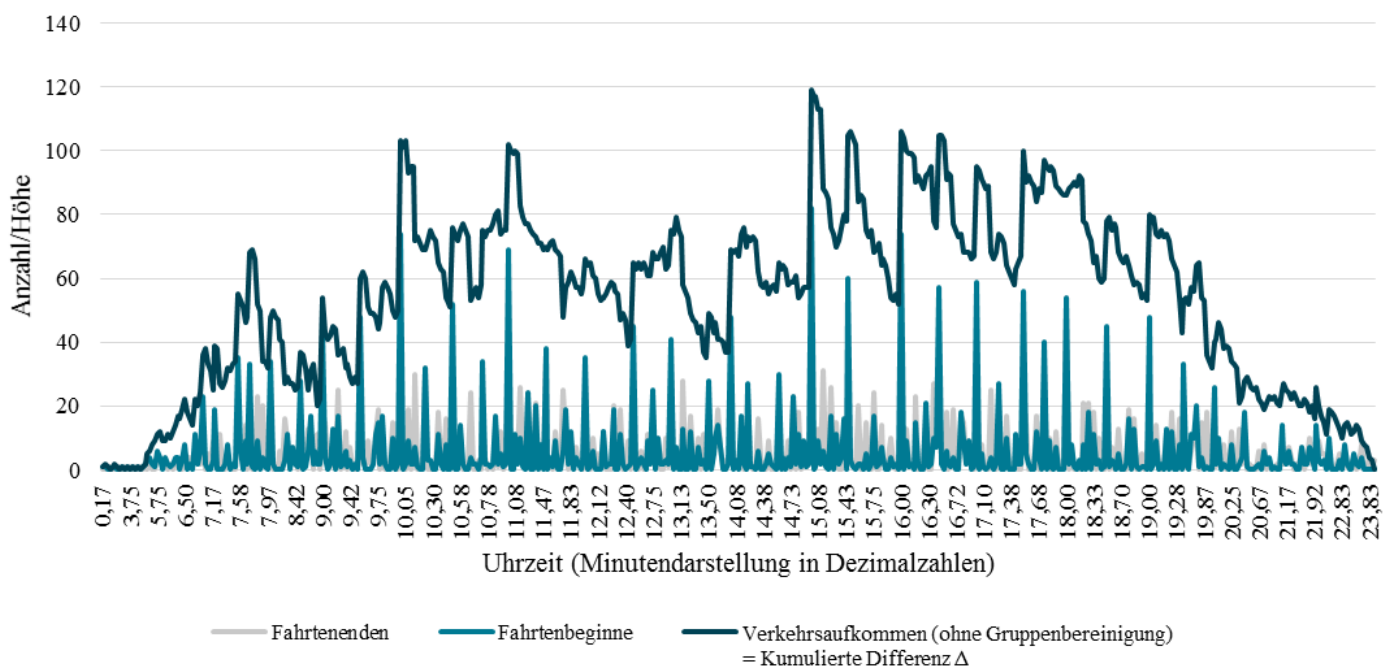


2.083 beobachtete Personen, 3.991 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens = 173 (Uhrzeit: 7,77)

Anhang 22: Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

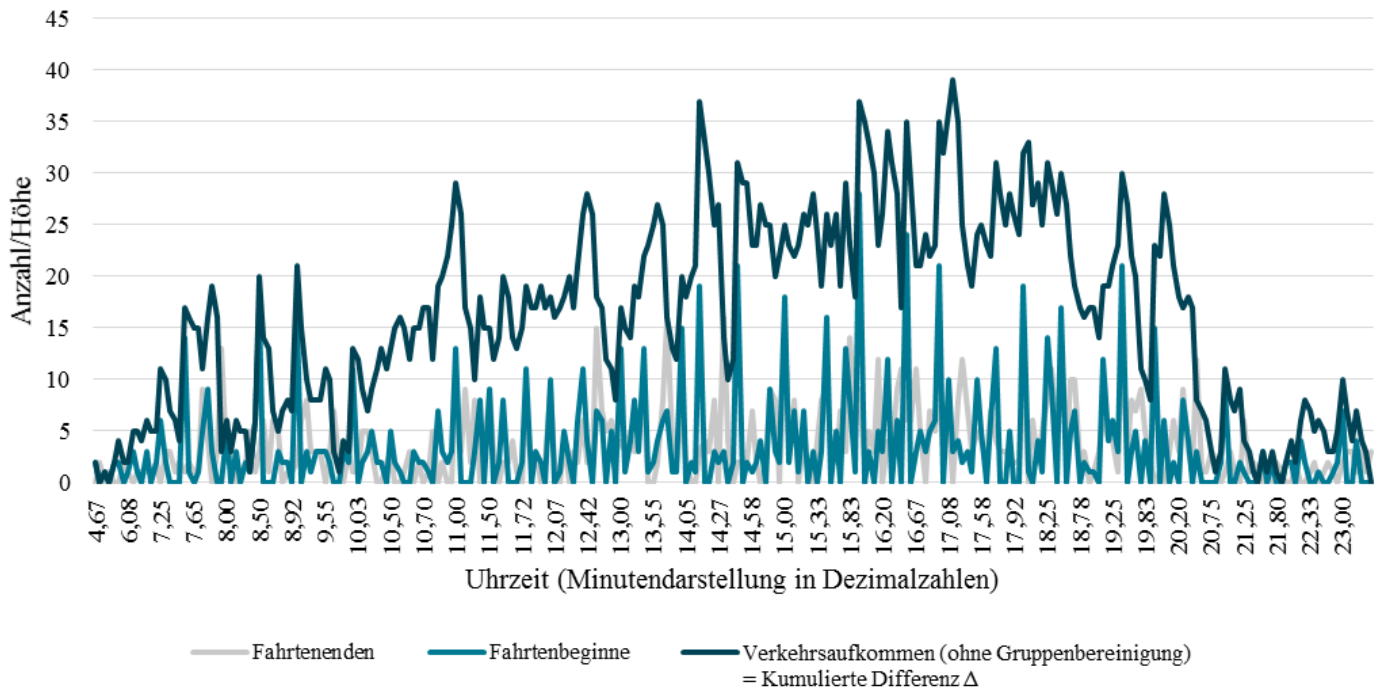


1.836 beobachtete Personen, 3.031 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 119 (Uhrzeit: 15,00)

Anhang 23: Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

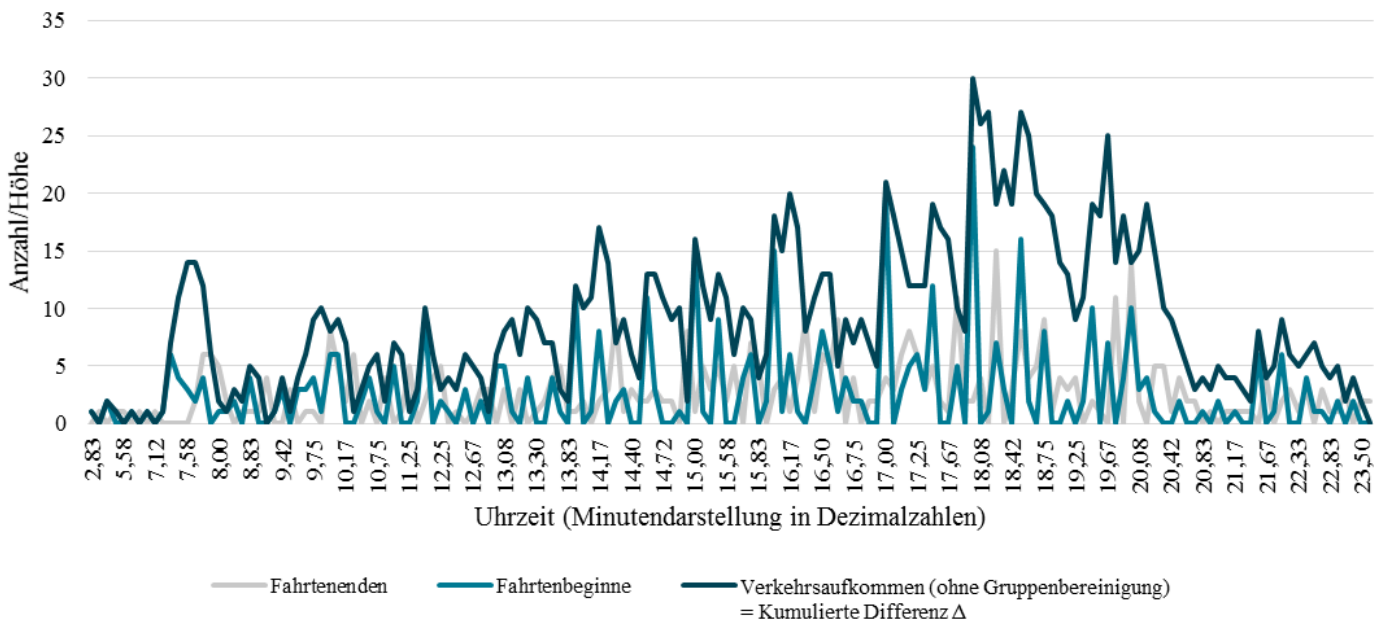


631 beobachtete Personen, 955 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 39 (Uhrzeit: 17,12)

Anhang 24: Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

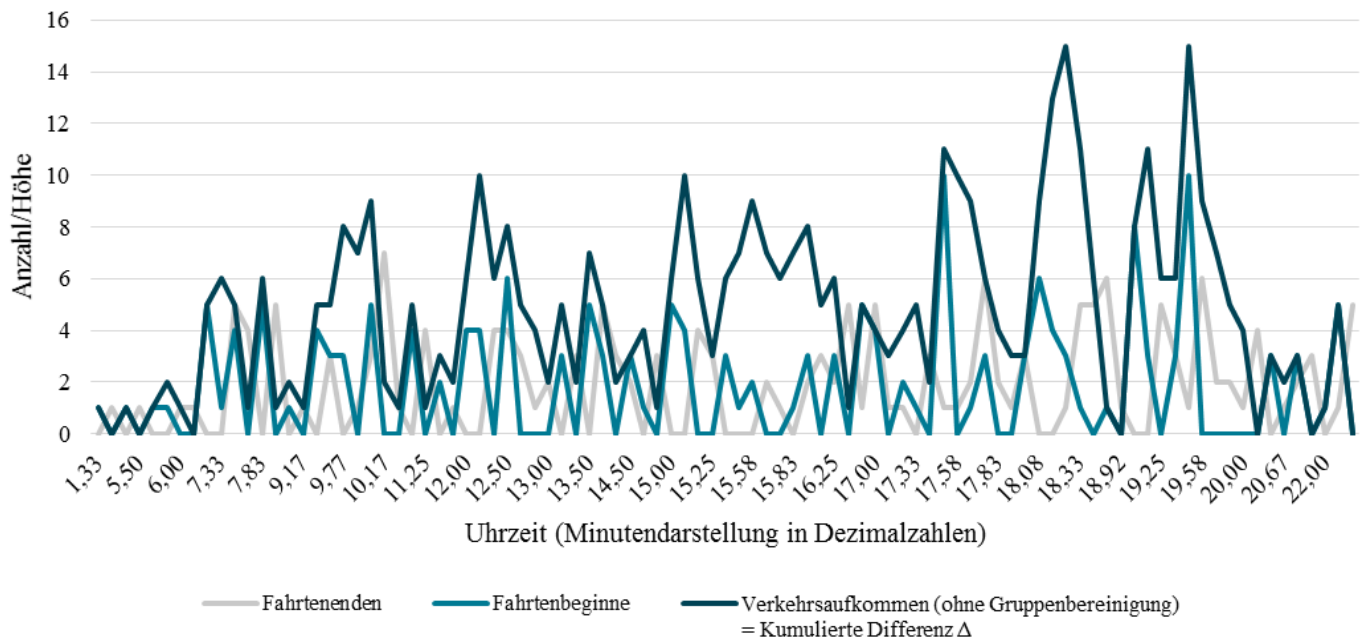


322 beobachtete Personen, 224 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 30 (Uhrzeit: 18,00)

Anhang 25: Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

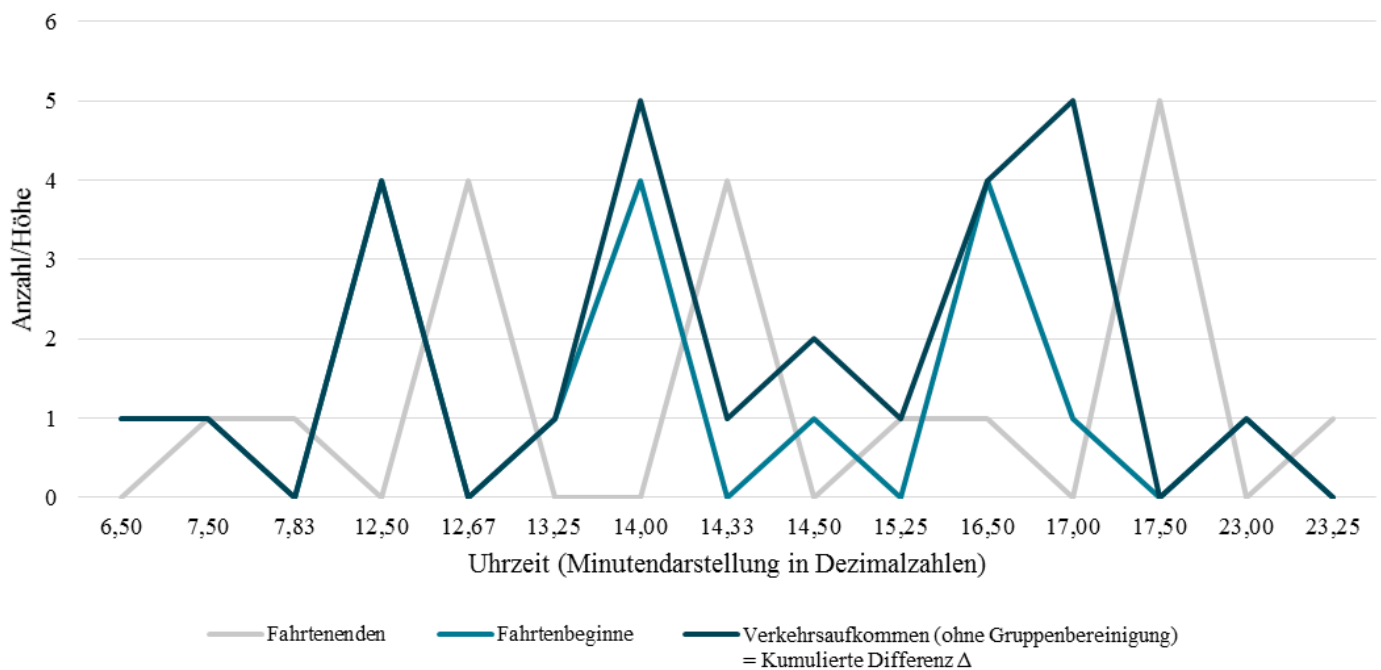


117 beobachtete Personen, 172 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 15 (Uhrzeiten: 18,25; 19,50)

Anhang 26: Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

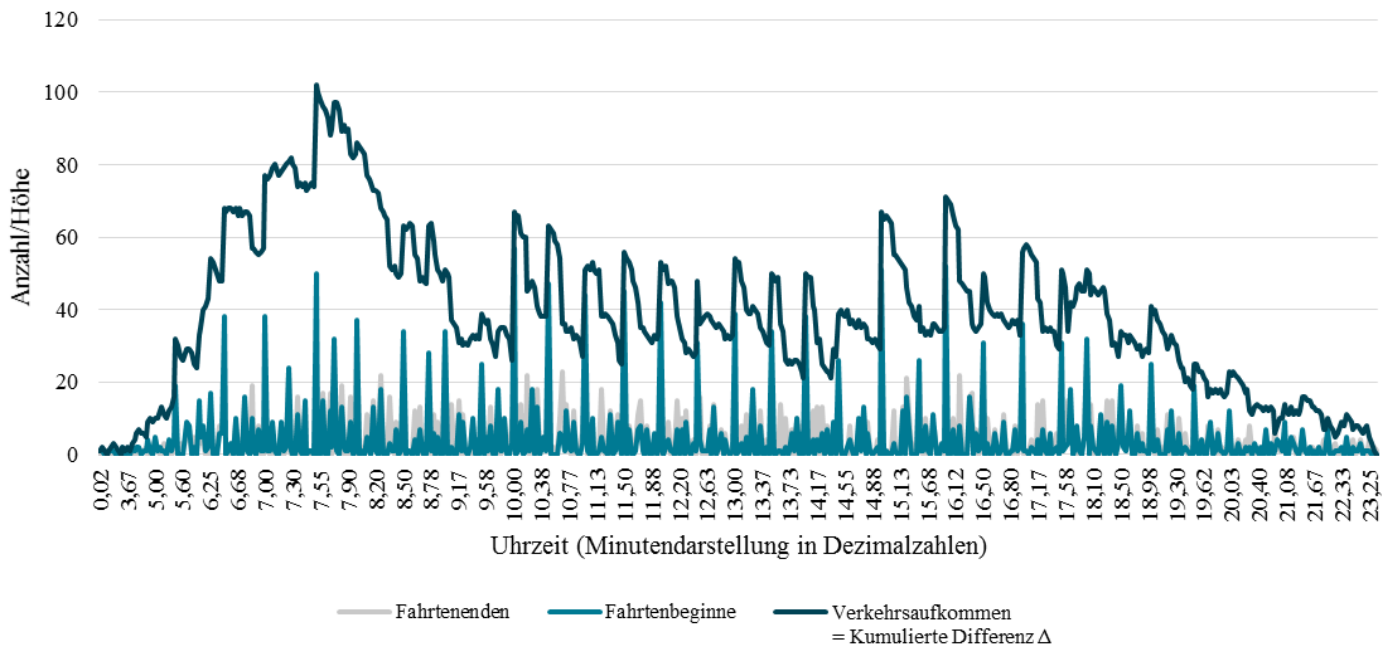


13 beobachtete Personen, 18 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 5 (Uhrzeiten: 14,00; 17,00)

Anhang 27: Kleinere Kern- und Großstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

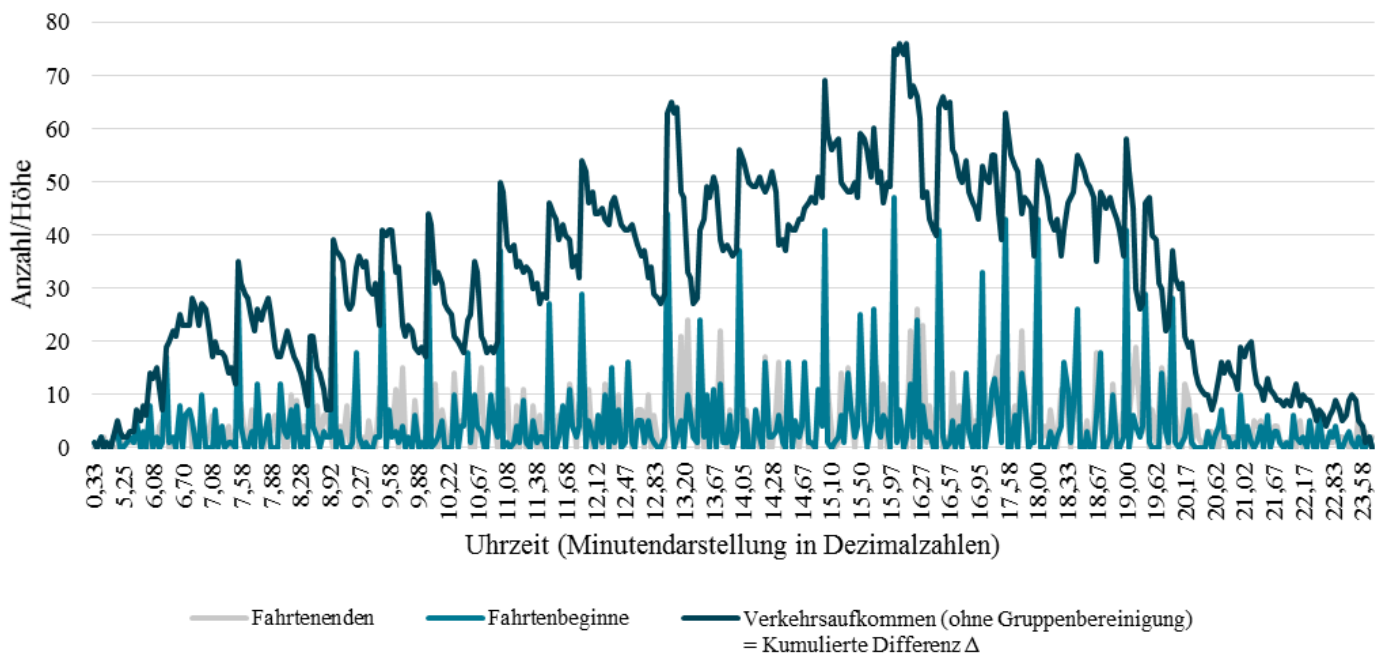


1.334 beobachtete Personen, 2.401 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens = 102 (Uhrzeit: 7,50)

Anhang 28: Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

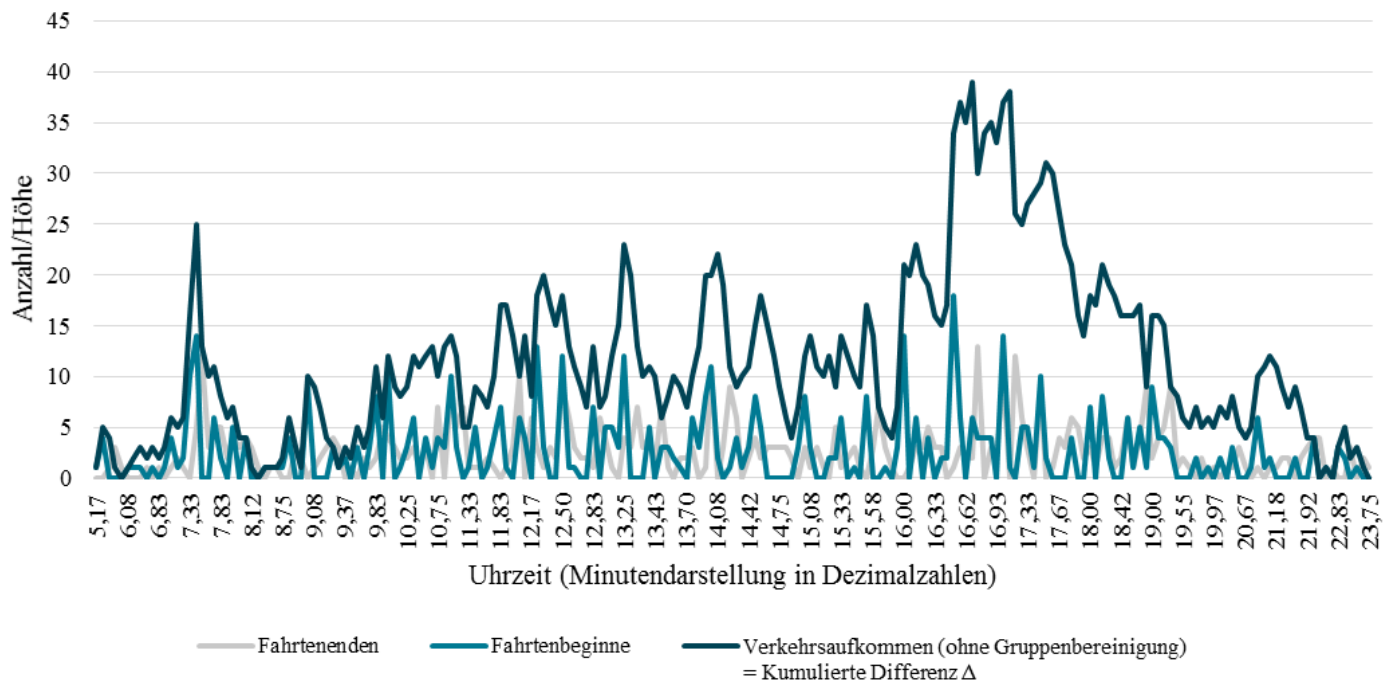


1.139 beobachtete Personen, 1.858 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 76 (Uhrzeiten: 16,08; 16,15)

Anhang 29: Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

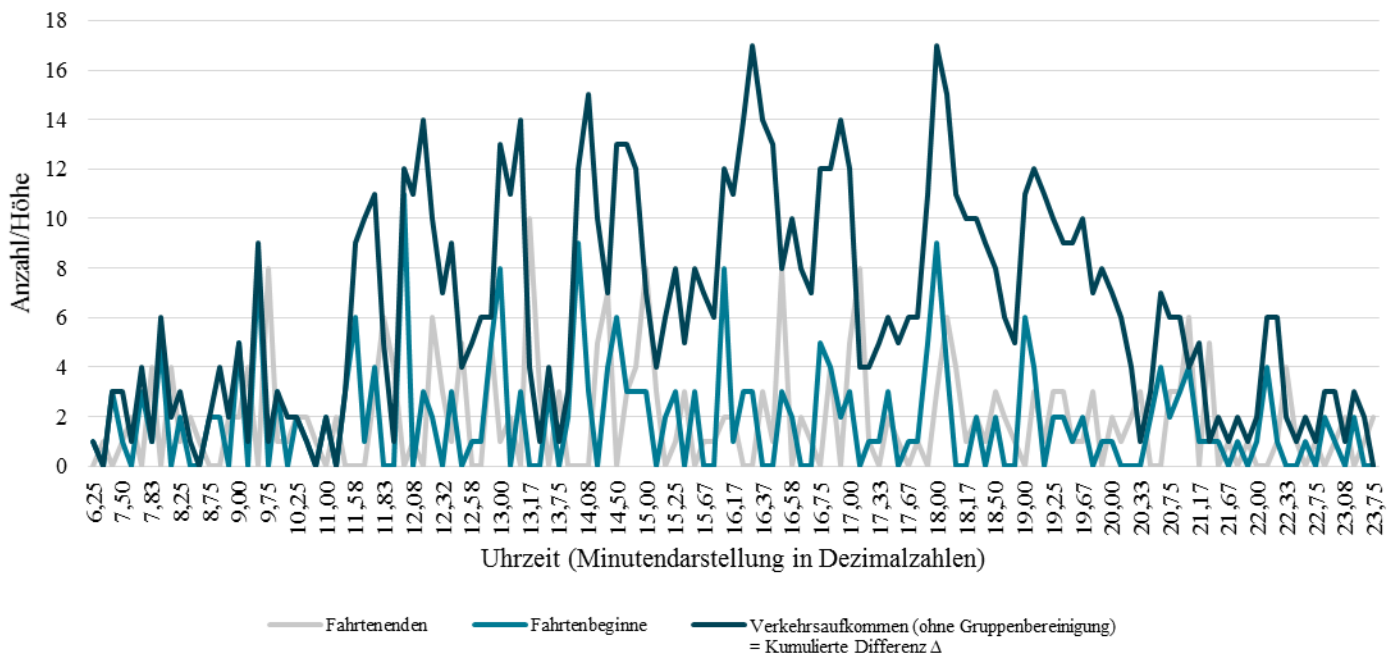


368 beobachtete Personen, 527 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 39 (Uhrzeit: 16,67)

Anhang 30: Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

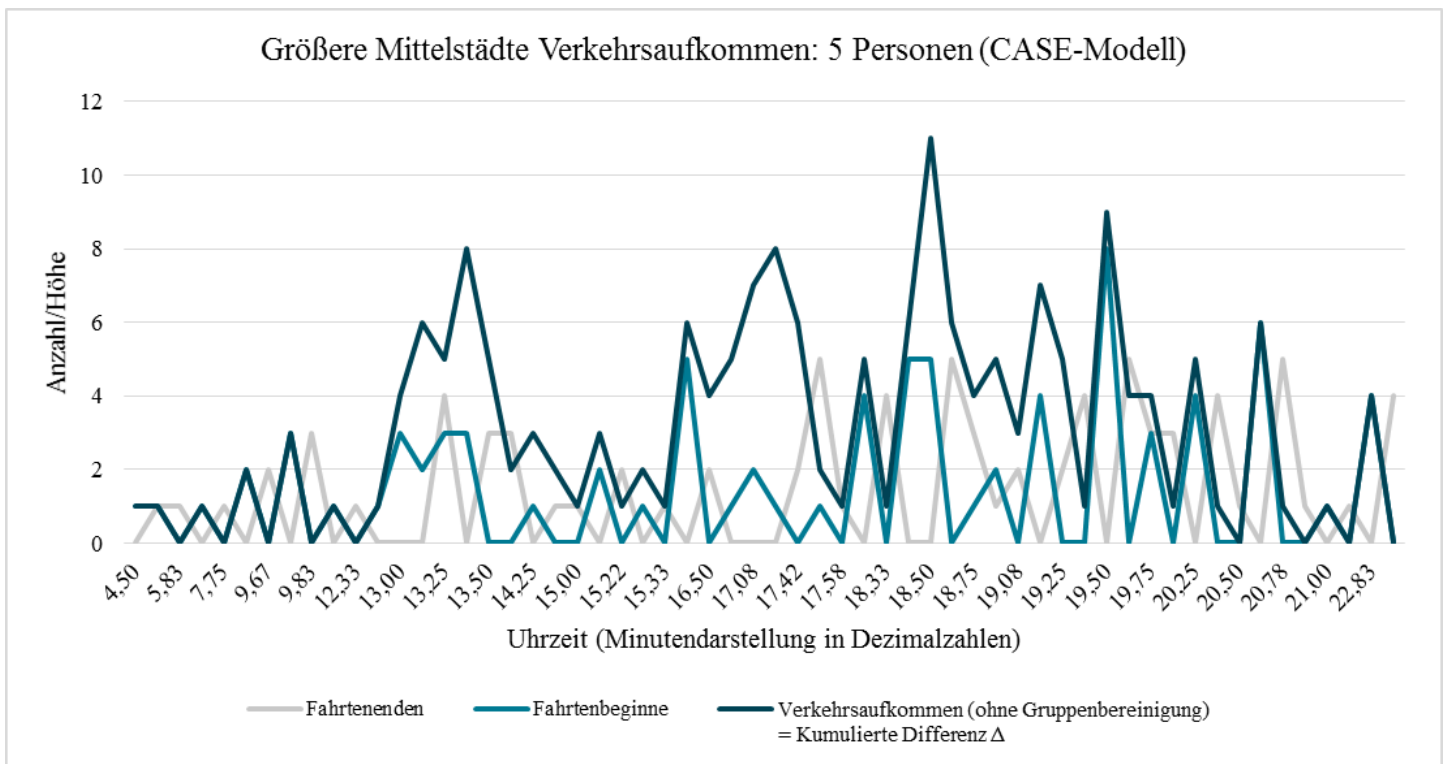
Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)



179 beobachtete Personen, 249 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 17 (Uhrzeiten: 16,33; 18,00)

Anhang 31: Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

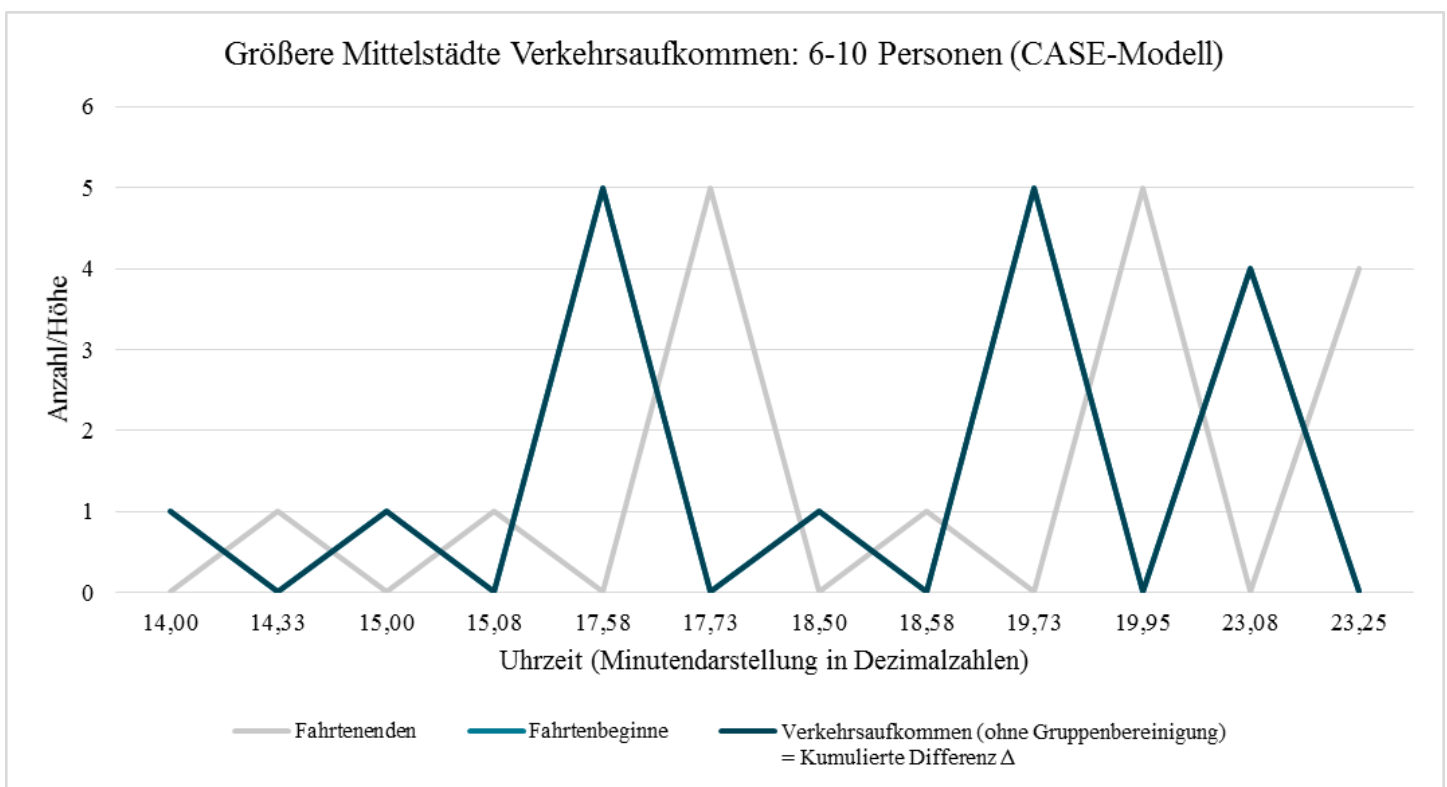
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).



63 beobachtete Personen, 82 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 11 (Uhrzeit: 18,50)

Anhang 32: Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

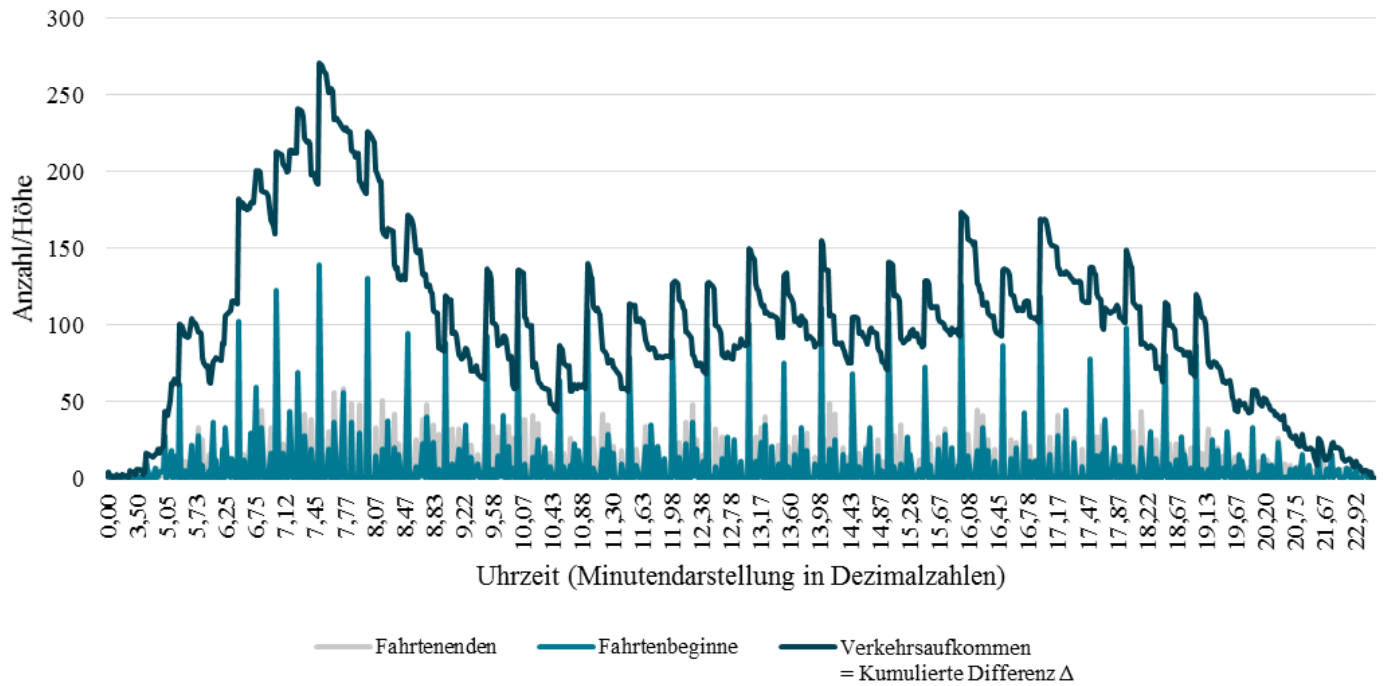


12 beobachtete Personen, 17 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 5 (Uhrzeiten: 17,58; 19,73)

Anhang 33: Größere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

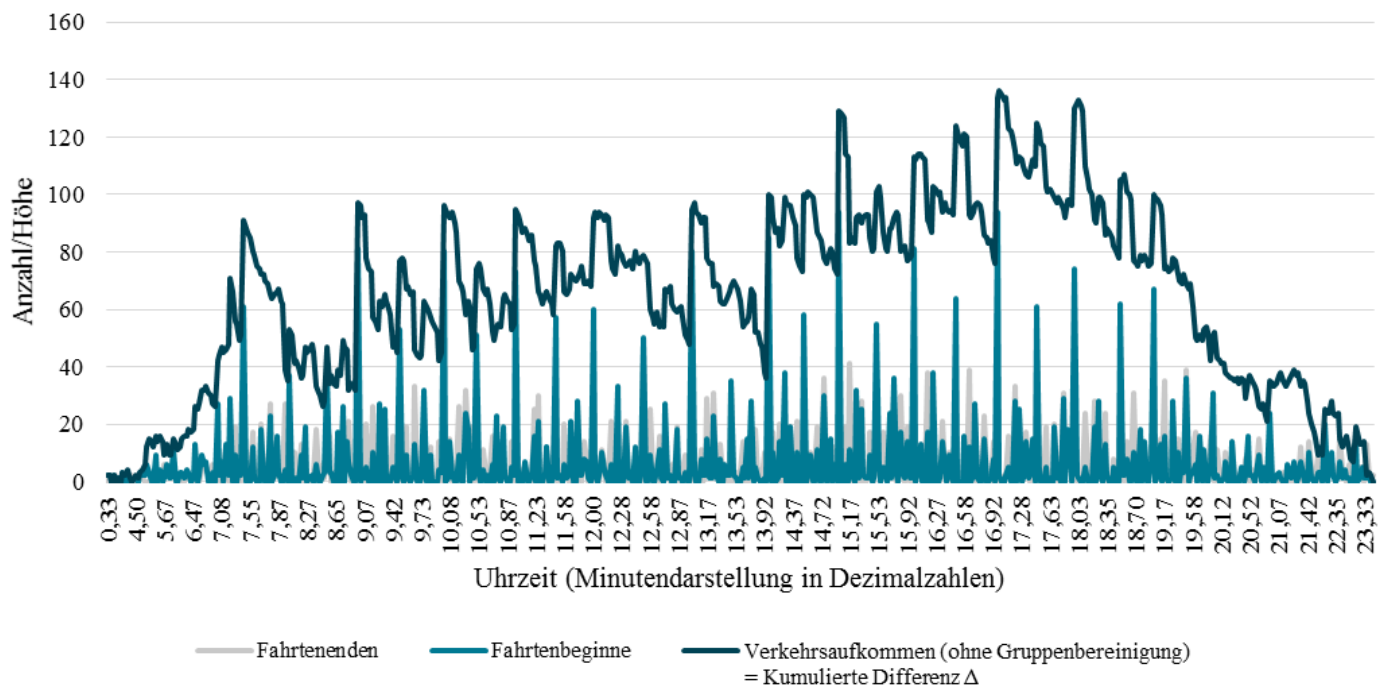


3.332 beobachtete Personen, 6.052 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens = 271 (Uhrzeit: 7,50)

Anhang 34: Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

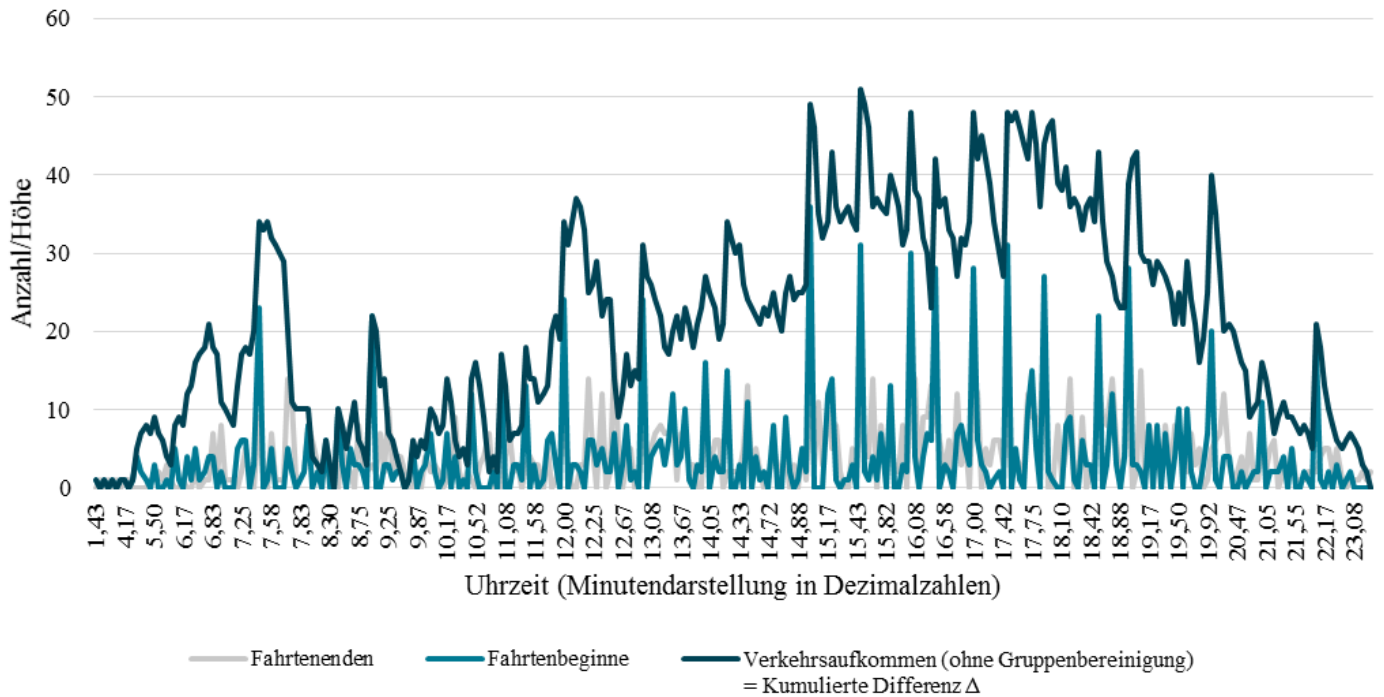


2.588 beobachtete Personen, 3.992 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 136 (Uhrzeit: 17,02)

Anhang 35: Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

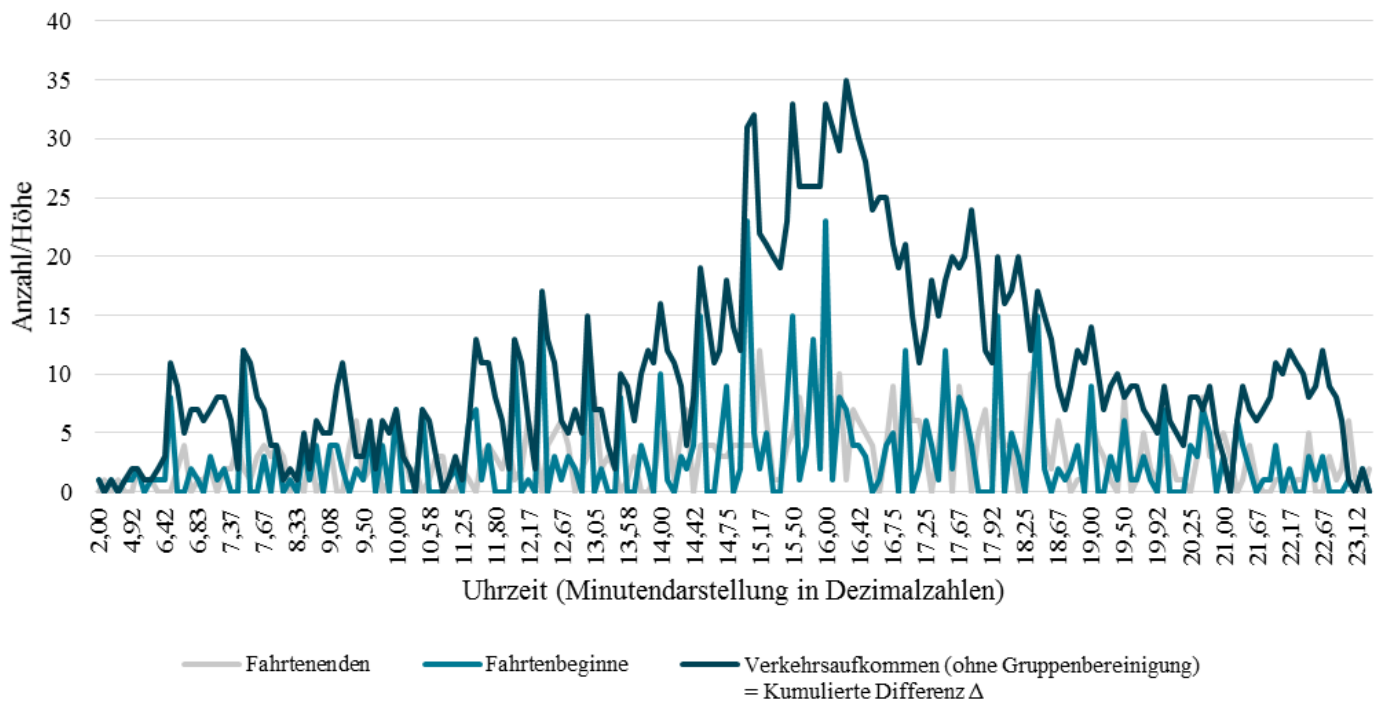
Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)



Anhang 36: Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

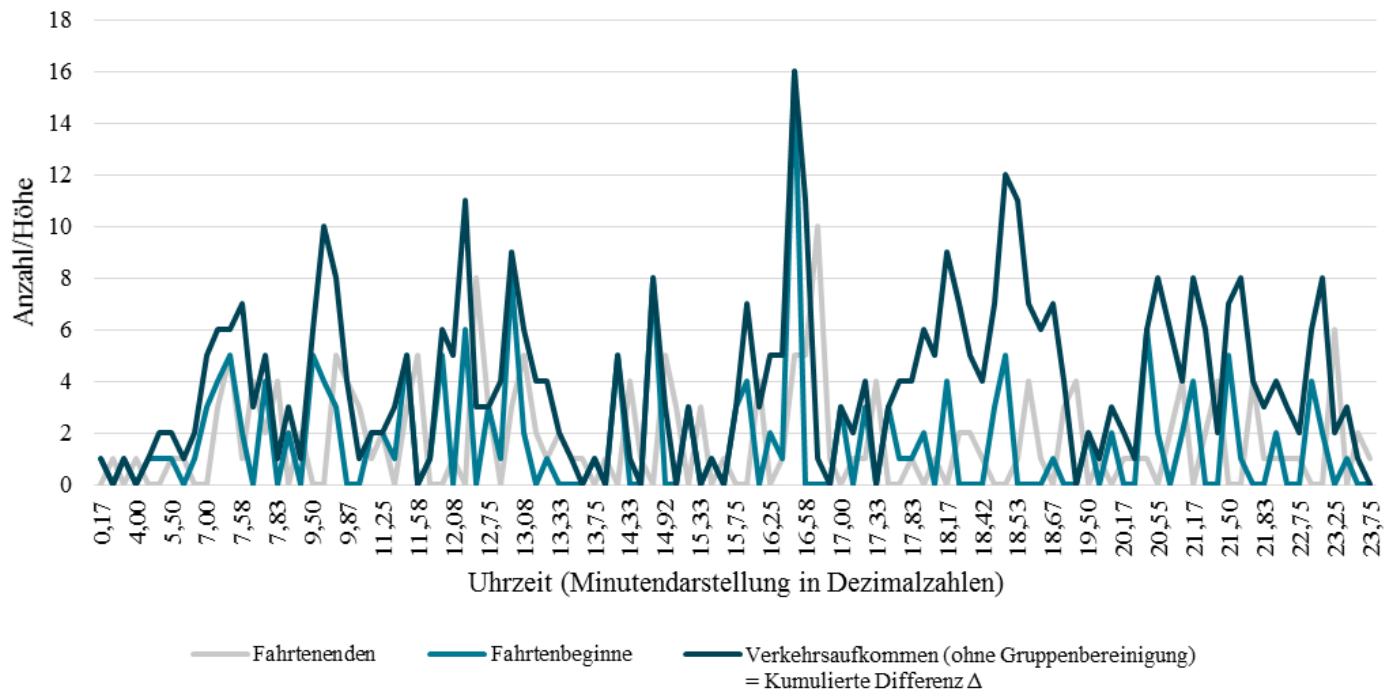
Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)



Anhang 37: Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

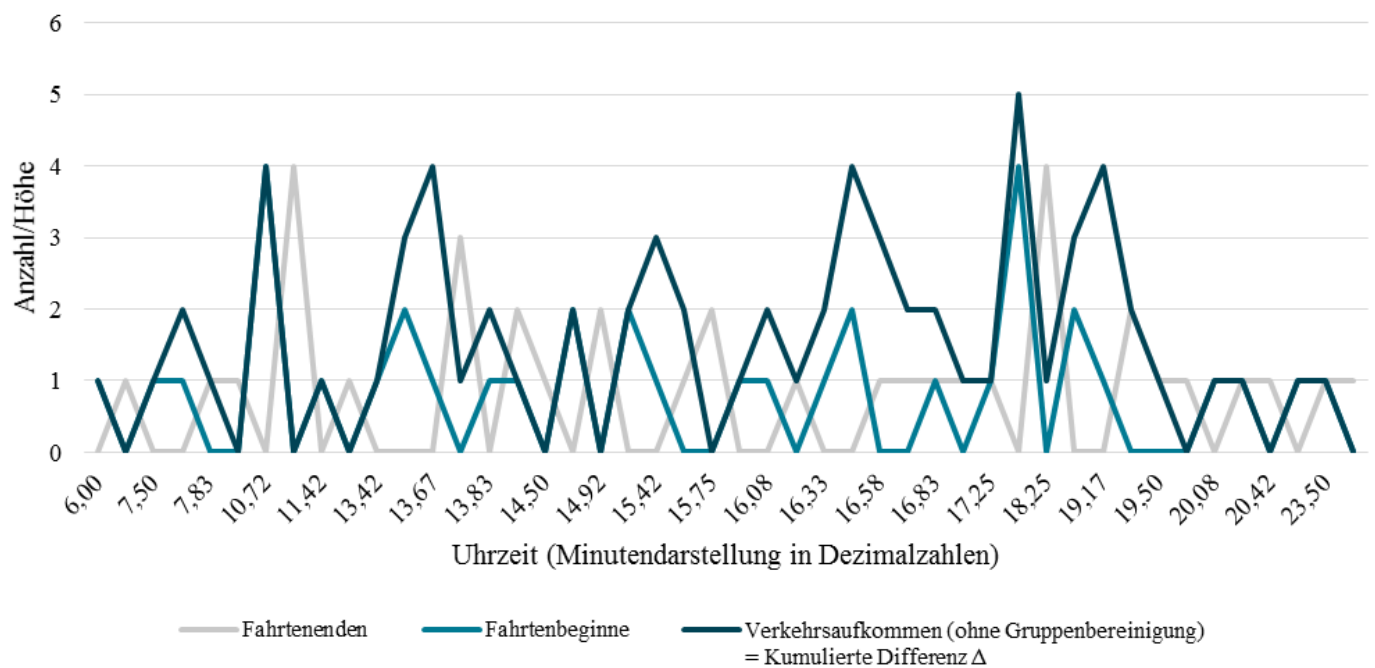


154 beobachtete Personen, 178 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 16 (Uhrzeit: 16,50)

Anhang 38: Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

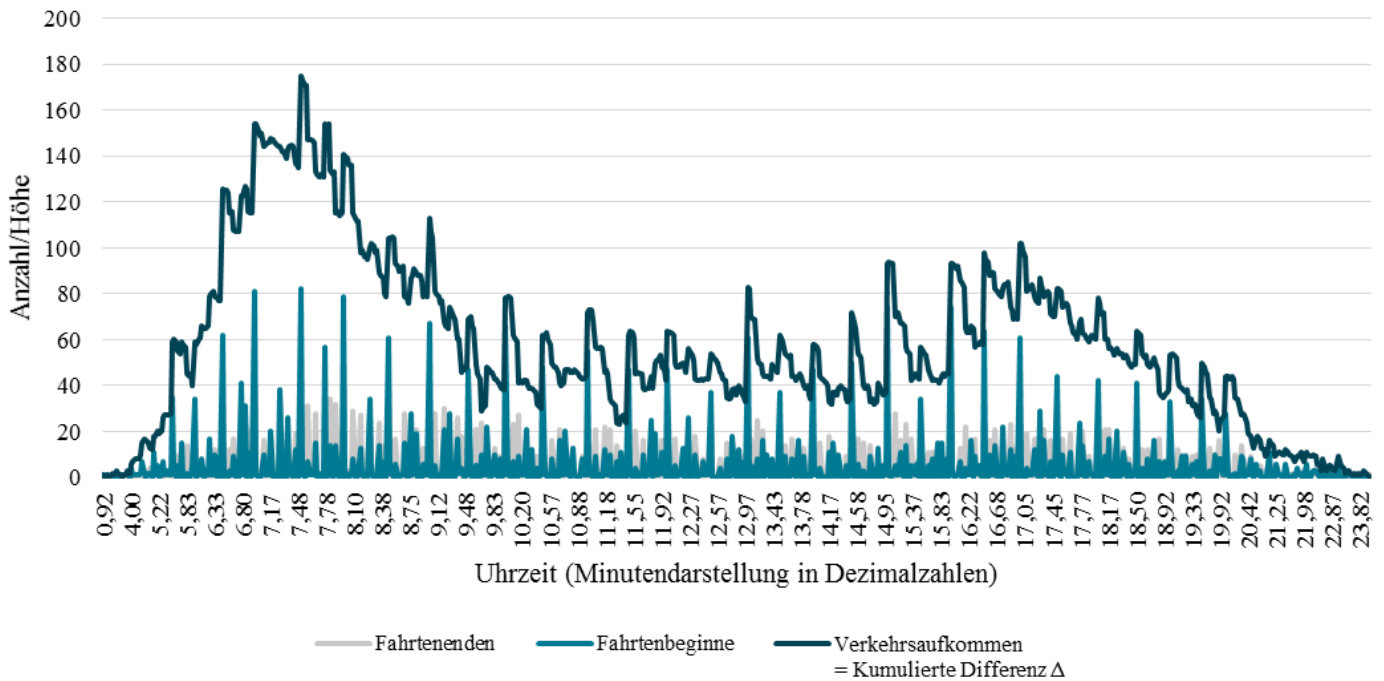


32 beobachtete Personen, 37 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 5 (Uhrzeit: 18,00)

Anhang 39: Kleinere Mittelstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

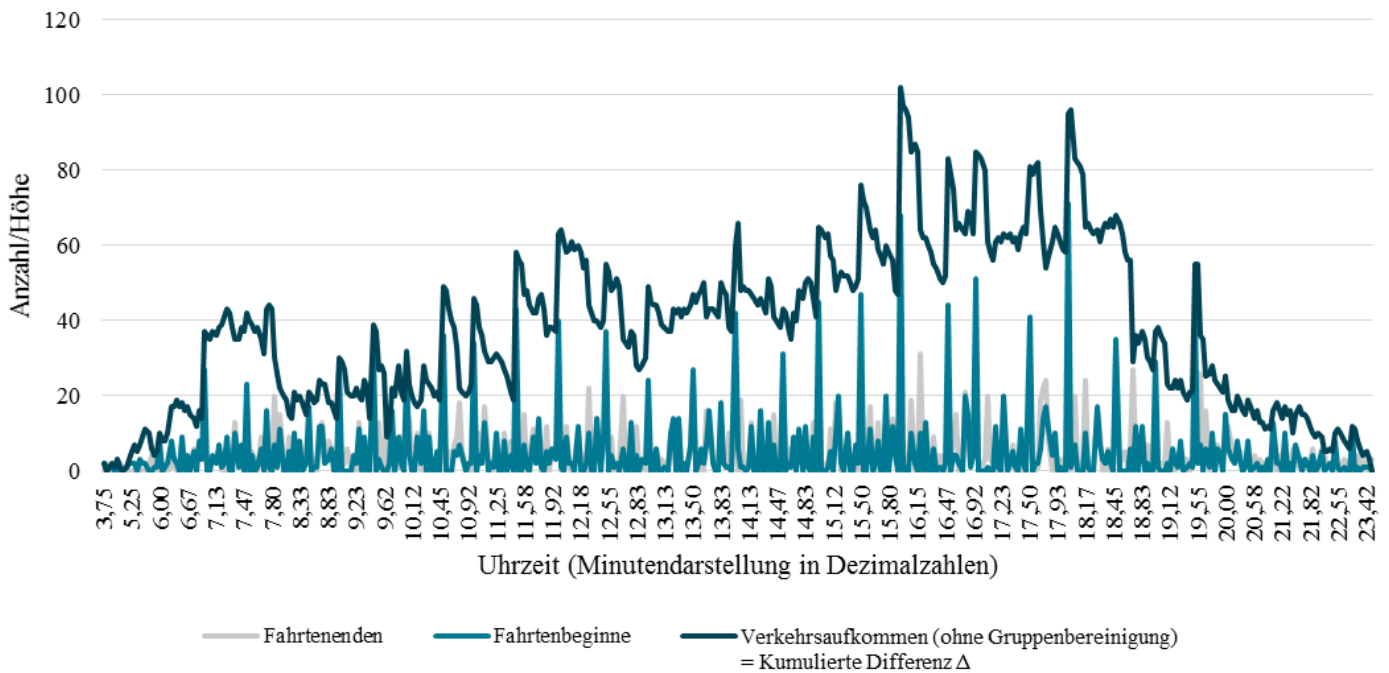


1.984 beobachtete Personen, 3.638 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens = 175 (Uhrzeit: 7,50)

Anhang 40: Kleinstädte Verkehrsaufkommen: Eine Person (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

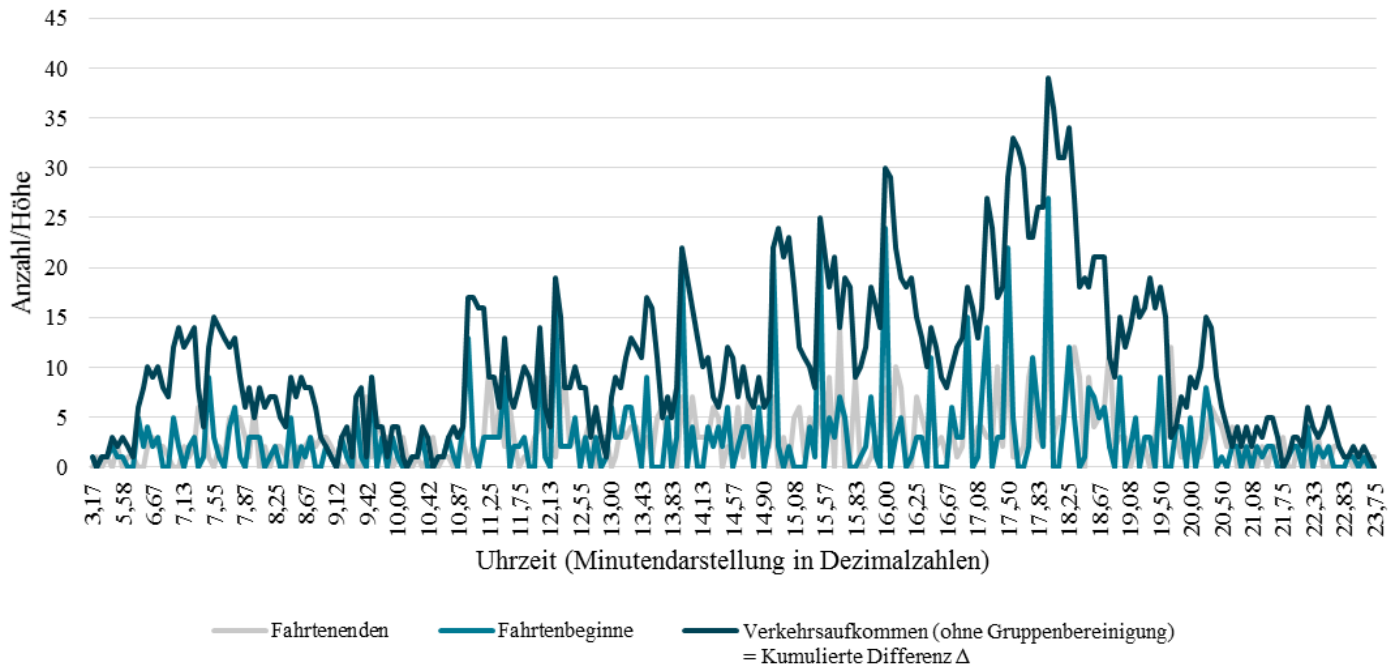


1.502 beobachtete Personen, 2.3012 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 102 (Uhrzeit: 16,00)

Anhang 41: Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 2 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

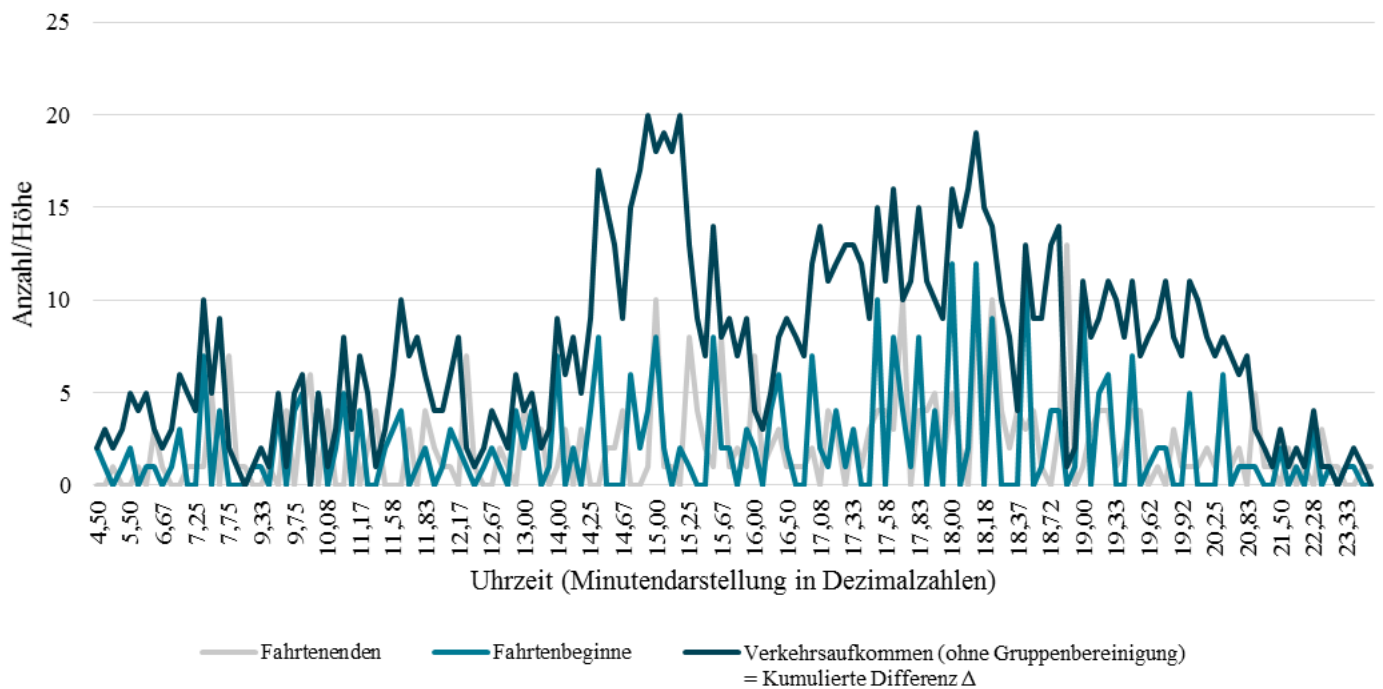


520 beobachtete Personen, 731 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 39 (Uhrzeit: 18,00)

Anhang 42: Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 3 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

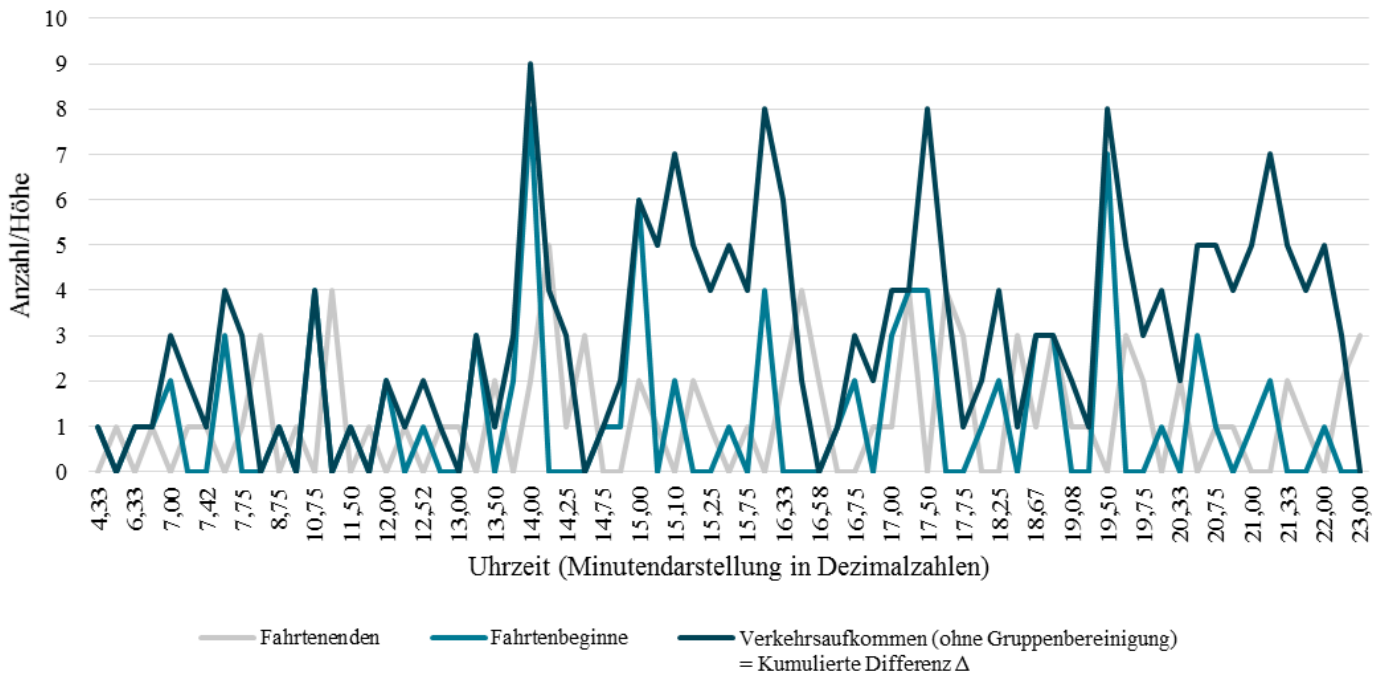


239 beobachtete Personen, 329 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 20 (Uhrzeiten: 14,92; 15,22)

Anhang 43: Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 4 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

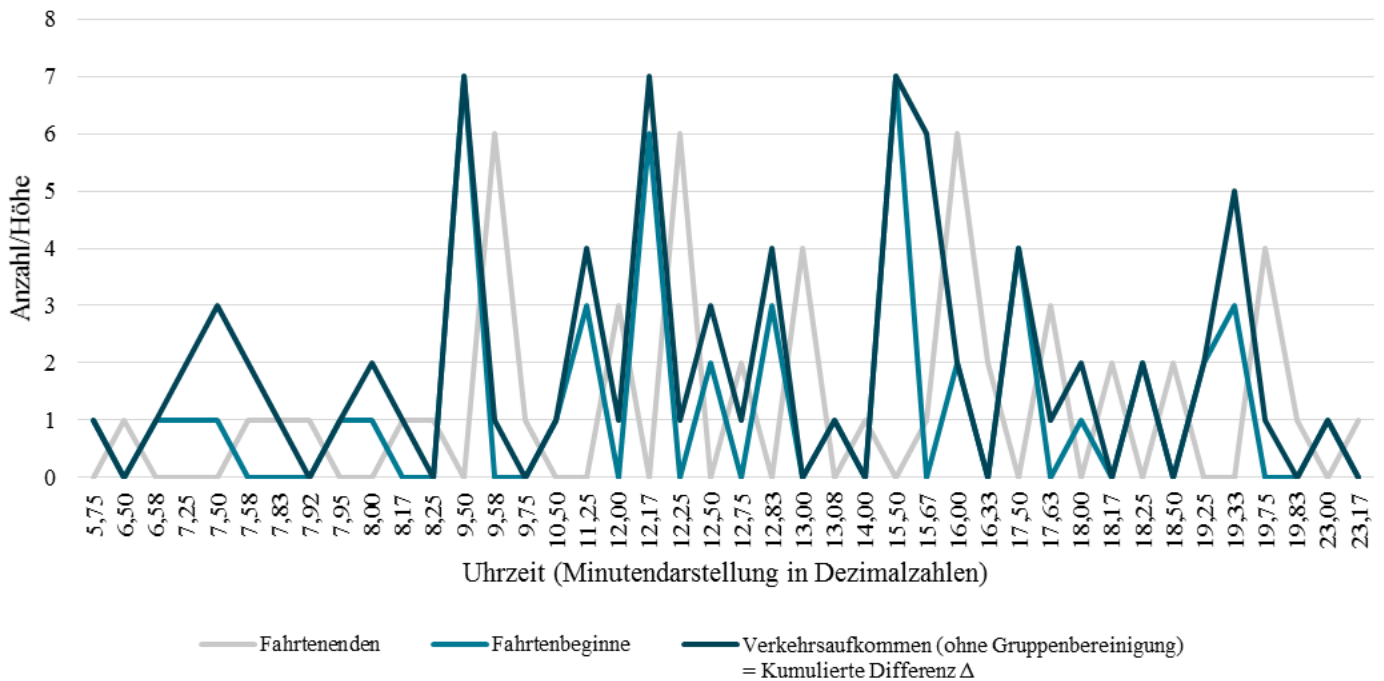


73 beobachtete Personen, 84 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 9 (Uhrzeit: 14,00)

Anhang 44: Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 5 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)



36 beobachtete Personen, 51 beobachtete Fahrten, Hochpunkt des Verkehrsaufkommens (ohne Gruppenbereinigung) = 7 (Uhrzeiten: 9,50; 12,17; 15,50)

Anhang 45: Kleinstädte Verkehrsaufkommen: 6-10 Personen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Besetzungsgrad von Fahrzeugen mit einem Fassungsvermögen von 1-2 Personen	Besetzungsgrad von Fahrzeugen mit einem Fassungsvermögen von 3-5 Personen	Besetzungsgrad von Fahrzeugen mit einem Fassungsvermögen von 6-10 Personen
Große Kern- und Großstädte	1,30	3,33	6,62
Kleinere Kern- und Großstädte	1,28	3,38	6,40
Großere Mittelstädte	1,28	3,37	6,09
Kleinere Mittelstädte	1,25	3,37	6,60
Kleinstädte	1,24	3,34	6,55

Anhang 46: Besetzungsgrade nach Fassungsvermögen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

	Fahrzeugbedarfe nach Personengruppen					
	1-2 Personen		3-5 Personen			Fahrzeugbedarf total
	Eine Person	2 Personen	3 Personen	4 Personen	5 Personen	
Große Kern- und Großstädte Fahrzeugbedarf	158	65	18	9	2	254
Große Kern- und Großstädte Fahrzeugbedarf kumuliert	223		29			
Kleinere Kern- und Großstädte Fahrzeugbedarf	173	60	13	8	3	257
Kleinere Kern- und Großstädte Fahrzeugbedarf kumuliert	233		24			
Großere Mittelstädte Fahrzeugbedarf	102	38	13	4	2	160
Großere Mittelstädte Fahrzeugbedarf kumuliert	140		19			
Kleinere Mittelstädte Fahrzeugbedarf	271	68	17	9	3	369
Kleinere Mittelstädte Fahrzeugbedarf kumuliert	339		29			
Kleinstädte Fahrzeugbedarf	175	51	13	5	2	247
Kleinstädte Fahrzeugbedarf kumuliert	226		20			

* Gruppenbereinigung fand auf Basis der Besetzungsgrade aus Anhang 46 statt.

Anhang 47: Fahrzeugbedarfe nach Fassungsvermögen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Fahrzeugbedarfsfaktor je MID-Befragten total	Fahrzeugbedarfsfaktor je MID-Befragten (Zweisitzer-Pkws)	Fahrzeugbedarfsfaktor je MID-Befragten (Fünfsitzer-Pkws)	Fahrzeugbedarfsfaktor je MID-Befragten (Zehnsitzer-Pkws)
Große Kern- und Großstädte	0,0271123972	0,0237485324	0,0031380083	0,0002258565
Kleinere Kern- und Großstädte	0,0306129620	0,0277181688	0,0028016214	0,0000931719
Großere Mittelstädte	0,03233387971	0,0282485876	0,0039245359	0,0001656736
Kleinere Mittelstädte	0,0296103429	0,0272245422	0,0023249277	0,0000608730
Kleinstädte	0,0331321862	0,0303314991	0,0026573614	0,0001433256

Die Fahrzeugbedarfsfaktoren beziehen sich auf die Befragungsumfänge der jeweiligen Städtetypen in Anhang fünf.

Anhang 48: Fahrzeugbedarfsfaktor je MID-Befragten nach Fassungsvermögen (CASE-Modell)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Fahrzeugbedarf in Stückzahl total		Zweisitzer-Pkw-Fahrzeugbedarf in Stückzahl	Fünfsitzer-Pkw-Fahrzeugbedarf in Stückzahl	Zehnsitzer-Pkw-Fahrzeugbedarf in Stückzahl
Große Kern- und Großstädte	356.192		311.999	41.226	2.967
Kleinere Kern- und Großstädte	377.148		341.485	34.516	1.148
Großere Mittelstädte	232.166		202.802	28.175	1.189
Kleinere Mittelstädte	450.903		414.572	35.404	927
Kleinstädte	395.991		362.518	31.760	1.713

Fahrzeugbedarfe beziehen sich auf die Befragungsumfänge der jeweiligen Städtetypen in Anhang fünf und ergeben sich aus den Fahrzeugbedarfsfaktoren in Anhang 48.

Anhang 49: Fahrzeugbestand nach Fassungsvermögen (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Prozentualer Anteil der CASE-Flotte am alten Fahrzeugbestand Deutschlands	Prozentualer Anteil der Zweisitzer-Pkws aus der CASE-Flotte am alten Fahrzeugbestand Deutschlands	Prozentualer Anteil der Fünfsitzer-Pkws aus der CASE-Flotte am alten Fahrzeugbestand Deutschlands	Prozentualer Anteil der Zehnsitzer-Pkws aus der CASE-Flotte am alten Fahrzeugbestand Deutschlands
Große Kern- und Großstädte	6,54	5,73	0,76	0,05
Kleinere Kern- und Großstädte	6,97	6,31	0,64	0,02
Großere Mittelstädte	6,70	5,85	0,81	0,03
Kleinere Mittelstädte	5,24	4,82	0,41	0,01
Kleinstädte	7,53	6,90	0,60	0,03

Anhang 50: Prozentualer Anteil der CASE-Flotte am Altbestand (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008) und Kraftfahrt-Bundesamt (2017b).

Repräsentative Kennzahlen	Große Kern- und Großstädte			Kleinere Kern- und Großstädte			Großere Mittelstädte			Kleinere Mittelstädte			Kleinstädte		
	Minis	Kompaktklasse	Wohnmobile	Minis	Kompaktklasse	Wohnmobile	Minis	Kompaktklasse	Wohnmobile	Minis	Kompaktklasse	Wohnmobile	Minis	Kompaktklasse	Wohnmobile
Listenpreis in Euro	11.207	19.631	29.004	11.207	19.631	29.004	11.207	19.631	29.004	11.207	19.631	29.004	11.207	19.631	29.004
Stromkosten in Euro pro Kilometer	0,033	0,027	0,055	0,033	0,027	0,055	0,033	0,027	0,055	0,033	0,027	0,055	0,033	0,027	0,055
Jährliche Fahrleistung in Kilometer	84.887	47.139	11.484	79.562	65.576	12.094	79.207	43.542	11.322	82.011	67.580	25.563	75.201	61.363	25.829
Jährliche Anschaffungskosten bei Abschreibung über 6 Jahre in Euro	1.867,8	3.271,8	4.834,1	1.867,8	3.271,8	4.834,1	1.867,8	3.271,8	4.834,1	1.867,8	3.271,8	4.834,1	1.867,8	3.271,8	4.834,1
Jährliche Stromkosten in Euro	2.775	1.296	627	2.601	1.803	660	2.589	1.197	618	2.681	1.858	1.395	2.458	1.687	1.409
Jährlicher Wartungsaufwand in Euro	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239
Jährlicher Reparaturaufwand in Euro	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
Jährliche Kosten der Kfz-Haftpflicht Versicherung in Euro	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
Jährliche Kosten der Vollkasko Versicherung in Euro	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273
Jährliche Kfz-Steuer in Euro	115,17	182,50	401,33	115,17	182,50	401,33	115,17	182,50	401,33	115,17	182,50	401,33	115,17	182,50	401,33
Jährliche totale Kosten in Euro	5.685	5.677	6.789	5.511	6.184	6.822	5.499	5.579	6.780	5.591	6.239	7.557	5.368	6.069	7.572
Monatliche totale Kosten in Euro	474	473	566	459	515	569	458	465	565	466	520	630	447	506	631
Durchschnittlich realisierter Preis in Euro pro Kilometer	0,07	0,12	0,59	0,07	0,09	0,56	0,07	0,13	0,60	0,07	0,09	0,30	0,07	0,10	0,29

Anhang 51: TCO im Effizienz-Szenario nach Fahrzeugsegment (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), ADAC (2017a), BDEW (2015), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Repräsentative Kennzahlen	Große Kern- und Großstädte			Kleinere Kern- und Großstädte			Größere Mittelstädte			Kleinere Mittelstädte			Kleinstädte		
	Minus	Mittelklasse	Wohnmobile	Minus	Mittelklasse	Wohnmobile	Minus	Mittelklasse	Wohnmobile	Minus	Mittelklasse	Wohnmobile	Minus	Mittelklasse	Wohnmobile
Leistungspreis in Euro	11.207	27.949	29.004	11.207	27.949	29.004	11.207	27.949	29.004	11.207	27.949	29.004	11.207	27.949	29.004
Stromkosten in Euro pro Kilometer	0,033	0,024	0,055	0,033	0,024	0,055	0,033	0,024	0,055	0,033	0,024	0,055	0,033	0,024	0,055
Jährliche Fahrtleistung in Kilometer	84.887	47.139	11.484	79.562	65.576	12.094	79.207	43.542	11.322	82.011	67.580	25.563	75.201	61.363	25.829
Jährliche Anschaffungskosten bei Abschreibung über 6 Jahre in Euro	1.867,8	4.658,2	4.834,1	1.867,8	4.658,2	4.834,1	1.867,8	4.658,2	4.834,1	1.867,8	4.658,2	4.834,1	1.867,8	4.658,2	4.834,1
Jährliche Stromkosten in Euro	2.775	1.153	627	2.601	1.604	660	2.589	1.065	618	2.681	1.653	1.395	2.458	1.501	1.409
Jährlicher Reparaturaufwand in Euro	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239
Jährlicher Wartungsaufwand in Euro	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
Jährliche Kosten der Kfz-Haftpflicht Versicherung in Euro	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
Jährliche Kosten der Vollkasko Versicherung in Euro	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273
Jährliche Kfz-Steuer in Euro	115,17	211,67	401,33	115,17	211,67	401,33	115,17	211,67	401,33	115,17	211,67	401,33	115,17	211,67	401,33
Jährliche totale Kosten in Euro	5.685	6.950	6.789	5.511	7.401	6.822	5.499	6.862	6.780	5.591	7.450	7.357	5.368	7.298	7.572
Monatliche totale Kosten in Euro	474	579	566	459	617	569	458	572	565	466	621	630	447	608	631
Durchschnittlich realisierter Preis in Euro pro Kilometer	0,07	0,15	0,59	0,07	0,11	0,56	0,07	0,16	0,60	0,07	0,11	0,30	0,07	0,12	0,29

Anhang 52: TCO im Normal-Szenario nach Fahrzeugsegment (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), ADAC (2017a), BDEW (2015), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

Repräsentative Kennzahlen	Große Kern- und Großstädte			Kleinere Kern- und Großstädte			Größere Mittelstädte			Kleinere Mittelstädte			Kleinstädte		
	Kleinwagen	Oberklasse	Wohnmobile	Kleinwagen	Oberklasse	Wohnmobile	Kleinwagen	Oberklasse	Wohnmobile	Kleinwagen	Oberklasse	Wohnmobile	Kleinwagen	Oberklasse	Wohnmobile
Leistungspreis in Euro	12.807	68.829	29.004	12.807	68.829	29.004	12.807	68.829	29.004	12.807	68.829	29.004	12.807	68.829	29.004
Stromkosten in Euro pro Kilometer	0,029	0,029	0,055	0,029	0,029	0,055	0,029	0,029	0,055	0,029	0,029	0,055	0,029	0,029	0,055
Jährliche Fahrtleistung in Kilometer	84.887	47.139	11.484	79.562	65.576	12.094	79.207	43.542	11.322	82.011	67.580	25.563	75.201	61.363	25.829
Jährliche Anschaffungskosten bei Abschreibung über 6 Jahre in Euro	2.134,4	11.471,4	4.834,1	2.134,4	11.471,4	4.834,1	2.134,4	11.471,4	4.834,1	2.134,4	11.471,4	4.834,1	2.134,4	11.471,4	4.834,1
Jährliche Stromkosten in Euro	2.481	1.378	627	2.325	1.917	660	2.315	1.273	618	2.397	1.975	1.395	2.198	1.793	1.409
Jährlicher Wartungsaufwand in Euro	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239
Jährlicher Reparaturaufwand in Euro	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
Jährliche Kosten der Kfz-Haftpflicht Versicherung in Euro	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
Jährliche Kosten der Vollkasko Versicherung in Euro	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273
Jährliche Kfz-Steuer in Euro	139,17	345,17	401,33	139,17	345,17	401,33	139,17	345,17	401,33	139,17	345,17	401,33	139,17	345,17	401,33
Jährliche totale Kosten in Euro	5.682	14.121	6.789	5.526	14.660	6.822	5.516	14.016	6.780	5.598	14.719	7.557	5.399	14.537	7.572
Monatliche totale Kosten in Euro	473	1.177	566	460	1.222	569	460	1.168	565	466	1.227	630	450	1.211	631
Durchschnittlich realisierter Preis in Euro pro Kilometer	0,07	0,30	0,59	0,07	0,22	0,56	0,07	0,32	0,60	0,07	0,22	0,30	0,07	0,24	0,29

Anhang 53: TCO im Luxus-Szenario nach Fahrzeugsegment (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), ADAC (2017a), BDEW (2015), BMF (2000), DAT (2016) und GDV (2017).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Anzahl der Befragten mit ÖPNV-Abonnement	Anzahl der Fahrten	Fahrtentlänge in Kilometer	Fahrtendauer in Minuten
Große Kern- und Großstädte	965	896	9,58	38,55
Kleinere Kern- und Großstädte	527	423	9,09	35,60
Größere Mittelstädte	97	66	17,95	46,98
Kleinere Mittelstädte	224	144	22,41	51,14
Kleinstädte	143	68	25,79	53,34

Anhang 54: Länge und Dauer der ÖPNV-Fahrten von Abonnement-Besitzern (MiD 2008)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Name der Stadt	Einwohnerzahl (2008)	Monatspreis in Euro
Große Kern- und Großstädte	Berlin	3.421.829	81,00
Große Kern- und Großstädte	Hamburg	1.746.342	103,70
Große Kern- und Großstädte	München	1.407.836	123,70
Große Kern- und Großstädte	Köln	1.034.175	92,90
Kleinere Kern- und Großstädte	Nürnberg	498.876	74,10
Kleinere Kern- und Großstädte	Duisburg	486.855	70,40
Kleinere Kern- und Großstädte	Bochum	361.734	72,00
Kleinere Kern- und Großstädte	Wuppertal	343.488	72,00
Größere Mittelstädte	Cottbus	99.595	39,90
Größere Mittelstädte	Siegen	99.403	48,80
Größere Mittelstädte	Hildesheim	99.390	61,50
Größere Mittelstädte	Salzgitter	98.197	66,60

Die Abonnementpreise wurden am 1. September 2016 auf den ÖPNV-Anbieterportalen eingesehen.

Anhang 55: Abonnementpreise in 2016 für den ÖPNV in Deutschland

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland (2008) und ÖPNV-Anbieterportale.

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Pkw-Produktion für den inländischen Markt in 2008	Pkw-Jahresproduktionsrate
Große Kern- und Großstädte	185.078	10.282
Kleinere Kern- und Großstädte	184.107	10.228
Größere Mittelstädte	117.814	6.545
Kleinere Mittelstädte	292.693	16.261
Kleinstädte	178.765	9.931
Große und kleine ländliche Gemeinden	441.913	24.551
<i>Total</i>	1.400.370	77.798

Die Pkw-Produktion für den inländischen Markt in 2008 wurde proportional zum Autobestand in 2008 (siehe Anhang sechs) auf die Stadt- und Gemeindetypen verteilt. Zur Berechnung der Pkw-Jahresproduktionsraten wurde die Fahrzeughaltedauer von 18 Jahren verwendet.

Anhang 56: Pkw-Produktionsvolumen und -Jahresproduktionsrate in Deutschland 2008

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Pkw-Produktion für den inländischen Markt total	Pkw-Produktion für den inländischen Markt (Zweissitzer-Pkws)	Pkw-Produktion für den inländischen Markt (Fünftitzer-Pkws)	Pkw-Produktion für den inländischen Markt (Zehnsitzer-Pkws)
Große Kern- und Großstädte	12.112	10.609	1.402	101
Kleinere Kern- und Großstädte	12.824	11.612	1.174	39
Größere Mittelstädte	7.894	6.896	958	40
Kleinere Mittelstädte	15.332	14.097	1.204	32
Kleinstädte	13.465	12.327	1.080	58
Große und kleine ländliche Gemeinden*	441.913			
<i>Total</i>	503.540			

* Große und kleine ländliche Gemeinden beinhalten die Ursprungswerte aus dem Jahr 2008.
Die Pkw-Produktionsvolumina nach Fassungsvermögen wurden proportional zu den gesunkenen Fahrzeugbedarfen innerhalb der CASE-Simulation (siehe Anhang 49) angepasst.

Anhang 57: Pkw-Produktionsvolumen (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

BBSR differenzierter Stadt- und Gemeindetyp (7er) 2006	Pkw-Jahresproduktionsrate total	Pkw-Jahresproduktionsrate (Zweissitzer-Pkws)	Pkw-Jahresproduktionsrate (Fünftitzer-Pkws)	Pkw-Jahresproduktionsrate (Zehnsitzer-Pkws)
Große Kern- und Großstädte	3.744	3.484	256	4
Kleinere Kern- und Großstädte	3.874	3.574	298	2
Größere Mittelstädte	2.276	2.113	161	2
Kleinere Mittelstädte	4.791	4.473	315	3
Kleinstädte	3.849	3.587	256	6
Große und kleine ländliche Gemeinden*	24.551			
<i>Total</i>	43.085			

* Große und kleine ländliche Gemeinden beinhalten die Ursprungswerte aus dem Jahr 2008.
Zur Berechnung der Pkw-Jahresproduktionsraten wurden die Fahrzeughaldauern in Abbildung 81 verwendet.

Anhang 58: Pkw-Jahresproduktionsrate (CASE-Simulation)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Datensatz Mobilität in Deutschland (2008), Kraftfahrt-Bundesamt (2017b), VDA (2017a), VDA (2017b), Mobilität in Deutschland (2008e) und Entsorgung Punkt DE (2014).

Cover Fotos | Daimler AG

Cover Design | Uygur Sanli